

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|---|
| Автоматизированная система управления паровым котлом. |

УДК 681.51:004.896:621.181

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------|---------|------|
| 3-8T52 | Цой Андрей Вячеславович | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Громаков Е.И. | к.т.н., доцент | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Конотопский В. Ю. | к.э.н., доцент | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД ШБИП | Матвиенко В. В. | | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Воронин А. В. | к.т.н., доцент | | |

Томск – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

| Код | Результат освоения ООП |
|-----|---|
| P1 | Применять базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. |
| P2 | Применять передовой отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств при решении производственных задач. |
| P3 | Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с проектированием и созданием современных систем автоматизации технологических процессов и производств. |
| P4 | Разрабатывать системы автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, проектировать устройства автоматизации и обосновывать экономическую целесообразность решений |
| P5 | Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных систем автоматизации. |
| P6 | Внедрять и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты при решении задач автоматизации технологических процессов и производств, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды. |
| P7 | Применять высоко технологичное программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств. |
| P8 | Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий. |
| P9 | Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам |
| P10 | Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду. |
| P11 | Самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности, поддерживать должный уровень физической подготовленности |
| P12 | Решать задачи производственного анализа, связанные с проектированием и созданием современных систем автоматизации технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли. |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования – Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

| |
|----------------------------|
| БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА |
|----------------------------|

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

| | |
|--|--------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 5.06.2020 г. |
|--|--------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 27.05.2020 г. | Основная часть | 60 |
| 22.05.2020г. | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсбережение | 20 |
| 27.05.2020 г. | Социальная ответственность | 20 |

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Громаков Е.И. | к.т.н., доцент | | |

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Воронин А. В. | к.т.н., доцент | | |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) Воронин А. В. (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|----------------------------|
| БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ |
|----------------------------|

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------|
| 3-8Т52 | Цой Андрею Вячеславовичу |

Тема работы:

| | |
|--|-----------------------|
| Автоматизированная система управления паровым котлом | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 13.05.2020 № 134-25/с |

| | |
|--|--------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 5.06.2020 г. |
|--|--------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|---|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Объект исследования – паровой котёл. Режим работы – непрерывный. Вид сырья – вода, газ, воздух. АС должна обеспечивать следующее: местный визуальный контроль основных параметров технологического процесса; автоматическое поддержание заданного технологического режима работы установки; плановую автоматическую остановку установки; аварийную автоматическую остановку и блокировку программы пуска установки с подачей звуковой и световой сигнализации при</p> |
|---|---|

| | |
|---|---|
| | отклонении от установленных значений основных технологических параметров. |
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i> | Исследование объекта, подбор оборудования, разработка структурной и функциональной схем АСУ, расчет экономической эффективности, безопасность труда, экология. |
| Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i> | Функциональная схема автоматизации; Схема соединения внешних проводов; Алгоритм работы SCADA–формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта. |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i> | |
| Раздел | Консультант |
| 1 Основная часть | к.т.н., доцент ОАР ИШИТР Громаков Е.И. |
| 2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Конотопский В.Ю. |
| 3 Социальная ответственность | Ассистент ООД ШБИП Матвиенко В. В. |
| | |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| | |
| | |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Громаков Е.И. | к.т.н., доцент | | |
| | | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------|---------|------|
| 3-8Т52 | Цой Андрей Вячеславович | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------|
| 3-8Т52 | Цой Андрею Вячеславовичу |

| Школа | ИШИТР | Отделение школы (НОЦ) | ОАР |
|---------------------|-------------|---------------------------|--|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | - |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ) |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|--|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | Планирование работ и их временная оценка |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований | Смета затрат на выполнение ВКР |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения и бюджет НИ
2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

| | |
|--|---------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 15.03.2020 г. |
|--|---------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Конотопский Владимир Юрьевич | к.э.н., доцент | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------|---------|------|
| 3-8Т52 | Цой Андрей Вячеславович | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------|
| 3-8Т52 | Цой Андрею Вячеславовичу |

| Школа | ИШИТР | Отделение (НОЦ) | ОАР |
|---------------------|-------------|---------------------------|---|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | Автоматизация технологических процессов и производств |

Тема ВКР:

Автоматизированная система управления паровым котлом

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|--|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Объект исследования: автоматизированная система управления паровым котлом, рабочая зона: операторное помещение в котельной сахарного завода «Ангрен Шакар», г. Ангрен, Ташкентская область, Узбекистан |
|--|--|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <ul style="list-style-type: none"> – ДИ 001817-05-020 2017 Должностная инструкция по обслуживанию котлов БЭМ 25 [9]; – Трудовой кодекс Республики Узбекистан [10]; – ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. [11]; – ИПБ 001817.05 - 001:2017 Инструкция пожарной безопасности в закрытых помещениях «Ангрен Шакар» [12]. |
| 2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | Вредные факторы: <ul style="list-style-type: none"> – искусственное освещение – вибрация – производственный шум – повышенная температура – Напряженность трудового процесса – Физические перегрузки: статистические динамические Опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> – электрический ток – пожароопасность |
| 3. Экологическая безопасность: | – загрязнение атмосферы дымовыми газами при сжигании газа |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | – пожарная безопасность |

| | |
|--|---------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 13.03.2020 г. |
|--|---------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД ШБИП | Матвиенко Владимир Владиславович | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------|---------|------|
| 3-8Т52 | Цой Андрей Вячеславович | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 114 страниц, 23 рисунка, 18 таблиц, 24 использованных источника, 6 приложений.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, паровой котёл, бак барабана парового котла вода, программируемый логический контроллер, датчики, scada, экранные формы.

Объектом исследования является паровой котёл.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом парового котла с использованием программируемого логического контроллера (ПЛК) и выбранной HMI-системы.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы будут разработаны: функциональные схемы автоматизации, схемы подключения внешних проводок, алгоритмы работы и защит, перечень оборудования, перечень входных/выходных сигналов.

Благодаря, разработанной автоматизированной системы планируется сократить число аварий, увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений параметров печи подогрева сырой нефти.

Эффективность разработанной автоматизированной системы управления технологическим процессом парового котла заключается в снижении возможных ошибочных действий обслуживающего персонала и получении надежной системы.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью текстового редактора Microsoft Word 2013, Microsoft Visio 2013, САПР AutoCAD 2013, математического пакета MathCAD.

Оглавление

| | |
|--|----|
| Введение..... | 17 |
| 1 Описание и характеристики объекта автоматизации | 18 |
| 1.1 Назначение системы автоматизации объекта | 19 |
| 1.2 Требования к системе | 20 |
| 1.2.1 Техническое обеспечение | 20 |
| 1.2.2 Программное обеспечение | 20 |
| 1.2.3 Метрологическое обеспечение | 21 |
| 1.2.4 Математическое обеспечение..... | 23 |
| 1.2.5 Требования к функциям системы..... | 23 |
| 1.2.6 Требования к надёжности системы..... | 23 |
| 1.2.7 Требования к комплектности..... | 24 |
| 2 Разработка проекта и подбор оборудования | 26 |
| 2.1 Описание технологического процесса | 26 |
| 2.2 Разработка структурной схемы АС | 28 |
| 2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации..... | 31 |
| 2.4 Схема информационных потоков..... | 31 |
| 2.5 Разработка схемы внешних проводок | 34 |
| 2.6 Разработка общего вида щита управления | 35 |
| 3 Выбор и описание комплекса технических средств реализации | 36 |
| 3.1 Выбор программируемого логического контроллера | 36 |
| 3.2 Подбор оборудования передачи информации | 39 |
| 3.3 Выбор датчиков уровня | 41 |
| 3.4 Выбор датчика температуры..... | 42 |
| 3.5 Выбор датчика давления | 44 |
| 3.6 Выбор датчика расхода..... | 46 |
| 3.7 Подбор датчика контроля пламени | 48 |
| 3.8 Выбор исполнительных механизмов | 49 |
| 4 Разработка алгоритмов управления АС | 52 |
| 4.1 Алгоритм автоматического управления технологическим параметром | 52 |
| 4.2 Разработка алгоритма программы..... | 58 |

| | |
|--|----|
| 4.3 Разработка программного обеспечения контроллера | 59 |
| 4.4 Разработка экранных форм для панели оператора | 63 |
| 5 Планирование научно-исследовательских работ..... | 66 |
| 5.1 Структура работ в рамках научного исследования | 66 |
| 5.2 Разработка графика проведения научного исследования | 67 |
| 5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) | 72 |
| 5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ..... | 72 |
| 5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование | 74 |
| 5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы | 75 |
| 5.3.5 Расчет затрат на электроэнергию | 76 |
| 5.3.6 Расчет амортизационных расходов..... | 77 |
| 5.3.7 Расчет прочих расходов | 78 |
| 5.3.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта . | 79 |
| 5.4 Оценка экономической эффективности проекта | 80 |
| 6 Социальная ответственность | 81 |
| 6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 81 |
| 6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства..... | 81 |
| 6.2 Производственная безопасность | 83 |
| 6.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов..... | 83 |
| 6.2.2 Вредные факторы..... | 84 |
| 6.2.3 Опасные факторы..... | 89 |
| 6.3 Экологическая безопасность..... | 91 |
| 6.3.1 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду | 91 |
| 6.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды | 92 |
| 6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях..... | 93 |
| 6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований..... | 93 |
| Выводы по разделу социальная ответственность | 97 |
| Заключение | 98 |

| | |
|--|-----|
| Список используемых источников | 100 |
| Приложение А (обязательное) Функциональная схема автоматизации | 103 |
| Приложение Б (обязательное) Трёхуровневая структура автоматизированной системы | 105 |
| Приложение В1 (обязательное) Схема внешних проводок | 107 |
| Приложение В2 (обязательное) Схема внешних проводок | 109 |
| Приложение Г (обязательное) Внешний вид шкафа управления | 111 |
| Приложение Д (обязательное) Алгоритм управления парового котла | 113 |

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система (ас): Комплекс аппаратных и программных средств, приведённый для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматический, подчеркивает сохранение человеком-оператором определенных функций, либо самого общего, целенаправленного характера, либо не поддающихся автоматизации.

интерфейс (rs-232c, rs-422, rs-485, can): Совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

видеокадр: Область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п.

мнемосхема: Представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

мнемознак (мнемосимвол): Представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ.

интерфейс оператора: Совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой.

профиль ас: Понятие «профиль» определяется как подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС. Для определения места и роли каждого базового стандарта в профиле требуется концептуальная модель. Такая модель, называемая OSE/RM (Open System Environment/Reference Model), предложена в ГОСТ Р ИСО МЭК ТО 10000-3-99.

протокол (can, osi, profibus, modbus, hart, profibus dp, modbus rtu, modbus +, can, devicenet): Набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включенными в соединение программируемыми устройствами.

техническое задание на ас (тз): Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы.

технологический процесс (тп): Последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состоит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений (приемов).

система управления базами данных (субд): Совокупность программных и языковых средств, предназначенных для управления данными в базе данных, ведения базы данных, обеспечения многопользовательского доступа к данным.

архитектура ас: Набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых конструируется АС.

scada (англ. supervisory control and data acquisition – диспетчерское управление и сбор данных): Инструментальная программа для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных.

орс – сервер: Программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC.

стандарт: Образец, эталон, модель, принимаемые за исходные для сопоставления с ними др. подобных объектов. Стандарт в Российской Федерации – документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации, в котором в целях добровольного многократного использования

устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг.

объект управления: Обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления.

программируемый логический контроллер (плк): Специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода-вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьезного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды. ПЛК являются устройствами реального времени.

автоматизированное рабочее место (арм): Программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием, как правило, используют SCADA-системы.

тег: Метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры.

корпоративная информационная система (кис): Масштабируемая система, предназначенная для комплексной автоматизации всех видов хозяйственной деятельности больших и средних предприятий, в том числе корпораций, состоящих из группы компаний, требующих единого управления.

пропорционально-интегрально-дифференциальный (пид) регулятор: Устройство, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. ПИД – регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдает управляющий сигнал, являющийся суммой трех

слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.

modbus: Коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «ведущий - ведомый» или «master - slave».

фюра. 425280: Код организации разработчика проекта (ТПУ);
425280 это код классификационной характеристики проектной продукции по ГОСТ 3.1201-85 (в соответствии с шестизначной классификационной характеристикой ОКП этот код означает программно-технические комплексы для распределенного автоматизированного управления технологическим объектом, многофункциональные).

Обозначения и сокращения

При выполнении данной работы были использованы нижеуказанные обозначения и сокращения:

OSI (Open Systems Interconnection) – эталонная модель взаимодействия открытых информационных систем;

HMI (Human Machine Interface) – человеко-машинный интерфейс;

OSE/RM (Open System Environment Reference Model) – базовая модель среды открытых систем;

API (Application Program Interface) – интерфейс прикладных программ;

EEI (External Environment Interface) – интерфейс внешнего окружения;

OPC (Object Protocol Control) – OLE для управления процессами;

OLE (Object Linking and Embedding) – протокол, определяющий взаимоотношение объектов различных прикладных программ при их компоновке в единый объект/документ;

SNMP (Simple Network Management Protocol) – протокол управления сетями связи на основе архитектуры TCP/IP;

ODBC (Open DataBase Connectivity) – программный интерфейс доступа к базам данных (открытая связь с базами данных);

ANSI/ISA (American National Standards Institute/ Instrument Society of America) – американский национальный институт стандартов/Американское общество приборостроителей;

IP (International Protection) – степень защиты;

LAD (Ladder Diagram) – язык релейной (лестничной) логики;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ПО – программное обеспечение.

Введение

Автоматизированная система управления паровым котлом предназначена для контроля состояния технологической цепочкой пароводяного тракта.

Автоматизация даёт возможность повысить производительность труда, оптимизировать процессы управления установкой, улучшить качество продукции, а также уменьшить участие человека в процессах, опасных для здоровья. Автоматизация, за исключением самых простых случаев, требует комплексного, системного подхода к решению поставленной задачи.

Цель данной выпускной квалификационной работы является автоматизация системы управления паровым котлом производительностью 25 тонн в час перегретого пара с температурой 440 °С на базе программируемого логического контроллера серии Simatic S7-300.

На данном объекте АСУ ТП выполняет следующие функции:

- а) непрерывный контроль и управление паровым котлом;
- б) непрерывное функционирование комплексной системы технологического объекта;
- в) передача информации и сигнализации в операторную;
- г) включение звуковых оповещателей;
- д) управление исполнительными механизмами и насосами подачи воды в барабан котла оснащёнными преобразователями частоты;
- е) электронное архивирование сообщений системы;
- ж) архивирование графиков каждого процесса;
- з) отображение всего процесса на панели оператора;

1 Описание и характеристики объекта автоматизации

Настоящее техническое задание распространяется на автоматизацию системы управления паровым котлом (АСУ ПК) ООО «Ангрен Шакар».

Данная разработка системы выполняется в связи с модернизацией котельной выработкой 75 т перегретого пара и производством электроэнергии мощностью 4 МВт.

Объектом автоматизации является котёл паровой производства Белгородского завода энергетического машиностроения (ООО «Белэнергомаш – БЗЭМ») марки БЭМ-25 /4,0-440ГМ. Данный агрегат установлен в котельной Ангренского сахарного завода (ООО «Ангрен Шакар») в Республике Узбекистан. Данное предприятие по производству сахара было запущено в 2016 году и имеет производственную мощность сахара песка до 1000 тонн в сутки. Также на данном предприятии имеется своя ТЭЦ с производительностью до 50 тонн перегретого пара в час, которое обеспечивает производство сахара и выработку до 5 МВт электроэнергии турбогенератором для собственных нужд завода. А также тепловая энергия необходима для системы отопления всего завода в зимний период. Для обеспечения резерва и увеличения производительности тепловой энергии, руководством предприятия было принято решение об установке и автоматизации дополнительного пароводяного котла в котельной.

Основными характеристиками данного парового котла являются:

- а) производительность 25 тонн перегретого пара в час;
- б) давление пара на выходе с котла до 4,0 МПа;
- в) максимальная температура перегретого пара 440 °С;
- г) температура питательной воды 105 °С;
- д) используемое топливо – газ;
- ж) КПД до 94 %.

Технические решения в данном проекте, предполагают использовать существующую систему автоматизации паровым котлом ООО «Ангрен Шакар»,

на основании уже автоматизированных двух паровых котлов аналогичных третьему.

Объекты автоматизации системы включают в себя:

- датчики температуры воды, пара, воздуха, газа (4-20) мА;
- датчики давления пара, воды, воздуха, газа и разряжения (4-20) мА;
- датчики уровня воды (4-20) мА;
- датчики расхода воды, конденсата, газа и пара (4-20) мА;
- клапана соленоиды системы подачи газа
- электроприводные задвижки подачи воды, газа, пара, воздуха и сброса конденсата;

На лицевой части шкафа управления, необходимо предусмотреть сигнализацию:

- фотодатчика инфракрасного излучения (датчик горения) при погасании факела

На панели оператора требуется предусмотреть визуальную и звуковую сигнализацию:

- минимального и максимального уровней воды в барабане котла;
- пониженное и повышенное давление газа на горелку;
- отключение дымососа и дутьевого вентилятора;
- повышение давления пара в барабане котла;
- понижение давления воздуха перед горелкой;
- недостаточное разряжение в топке котла;
- низкое и высокое давление питательной воды [2].

1.1 Назначение системы автоматизации объекта

Данная система автоматизации (АСУ) парового котла для ООО «Ангрен Шакар» предназначена для:

- автоматизации действий, связанных с измерением, передачей, мониторинга и обработкой информации необходимой для эффективного и

безопасного управления технологическим оборудованием и процессом пароводяного котла;

- увеличения производительности перегретого пара на производство автономной электроэнергии (турбогенератора) и сахара;

- представление оператору достоверной информации о ходе технологических процессов и состоянии оборудования парового котла, необходимой для принятия своевременных решений по управлению;

- предусмотрения развития опасных ситуаций с паровым котлом в целом, способных нанести вред персоналу, окружающей среде и оборудованию [1].

1.2 Требования к системе

1.2.1 Техническое обеспечение

Для функционала работы оборудования, установленного на паровом котле необходимо проектирование шкафа управления ШУЗ.

Проектирование данного шкафа управления предусматривает комплектность внутри шкафного наполнения оборудованием. Подключение всех сигналов должно предусматривать через проходные устанавливаемые клеммы. А также необходимо предусмотреть резервные клеммы для сигналов резервных каналов модулей ввода/вывода. Наличие резервных клемм и каналов обосновывается тем, что при импульсных помехах, перенапряжений или физического воздействия, можно было с минимальным количеством времени простоя оборудования пере подключить с вышедших из строя клемм или каналов на резервные [8].

1.2.2 Программное обеспечение

Расширение программного обеспечения предусмотрено на базе существующего программного обеспечения. Задачей ПО является выполнение функционала сбора, обработки, передачи, а также алгоритм управления. Данное ПО должно предусматривать:

- регламентирование по паролям доступа к информационным массивам;

- не должно содержать программных кодов, закрытых от изменения в программе;

- защиту информации от несанкционированного доступа;
- регламентирование по паролям доступа к инженерному ПО.

Прикладное ПО должно:

- быть открытым для будущей модернизации;
- иметь листинг программы;
- сопровождаться описанием на русском языке.

Эксплуатация на систему автоматики должна соответствовать стандартам и содержать сведения, необходимые персоналу для использования программного обеспечения.

Для проверки каждого из алгоритмов запуска парового котла на верхнем уровне, должна быть предусмотрена возможность управления каждого процесса по отдельности и визуального осмотра состояния процесса в режиме реального времени. Также каждый произведённый параметр должен архивировать процесс в графическом виде для анализа и выявления дефектов оборудования с контрольно-измерительных приборов.

При наличии предупредительных и аварийных уставок, их сравнение должно вестись с замещённым значением. При достижении замещённых значений система должна сработать по соответствующему алгоритму управления и произвести защиту.

1.2.3 Метрологическое обеспечение

Нормированными метрологическими характеристиками средств измерений и измерительных каналов являются основной и дополнительной погрешностью.

Пределы основной абсолютной погрешности для системы измерения не должны превышать значений:

- датчики уровня в барабане котла ± 10 мм;

- датчики температуры пара, воды, газа, воздуха $\pm 2,0$ °C;
- датчики давления пара, воды, воздуха, газа и разряжения $\pm 0,5$ %;
- датчики расхода воды, конденсата $\pm 0,65$ %, а для газа и пара $\pm 1,0$ %.

Диапазон измеряемого параметра определяется по его предельным значениям.

Верхнее предельное значение измеряемого параметра принимается равным аварийному максимальному значению, а при его отсутствии максимальному значению, определённым технологическими требованиями. Нижнее предельное значение для измеряемых параметров, имеющих возможность принимать отрицательные значения, выбирается с учетом обеспечения возможности регистрации минимального возможного по характеристикам технологического оборудования или климатическим условиям отрицательного значения данного параметра.

Измерительные каналы АСУ ТП должны обеспечивать получение результатов с нормируемой точностью, иметь утвержденную в установленном порядке методику поверки и аттестованную методику выполнения измерений.

Измерительными каналами с нормируемыми метрологическими характеристиками являются:

- входные каналы от измерительных преобразователей с унифицированным токовым сигналом (4-20) мА.
- входные каналы для подключения преобразователя сопротивления.

Результирующая погрешность измерительного канала не должна превышать 150 % от погрешности входящего в данный измерительный канал первичного преобразователя.

Средства измерения, составляющие измерительные каналы комплекса должны быть первично проверены и калиброваны.

1.2.4 Математическое обеспечение

Математическое обеспечение должно быть представлено в объёме и составе, позволяющем реализовать функции согласно техническому заданию и детальным технологическим алгоритмам.

Алгоритмы управления исполнительными механизмами должны представлять собой последовательность действий для дистанционного управления исполнительными механизмами, с целью поддержания на необходимом уровне параметров технологического процесса.

Аварийная ситуация должна быть определена при достижении параметров аварийной границы. После обнаружения аварийной ситуации должна быть предусмотрена временная задержка перед срабатыванием системы противоаварийной защиты.

Предаварийная ситуация должна быть определена при достижении параметра технологической границы. После обнаружения предаварийной ситуации, система должна среагировать на передачу сообщения только оператору без автоматического управления исполнительными механизмами.

Все типовые задачи, связанные со сбором, передачей и хранением информации должны быть реализованы в ПЛК на языках программирования, соответствующих требованию стандарта IEC 61131-3 [3].

1.2.5 Требования к функциям системы

Система автоматизации парового котла должна предусматривать выполнение функций защиты, управления и отображения в жидких отсеках (барабанах) парового котла и согласно схеме автоматизации (см. приложение А).

1.2.6 Требования к надёжности системы

Вероятность безотказной работы системы автоматизации за 2000 часов в соответствии с ГОСТ 27883 должна составлять не менее:

- по функции защиты 0,98;

- по функции управления 0,92;
- по информационной функции 0,9;
- по надёжности системы телемеханизации должны удовлетворять требованиям по ГОСТ 26.205.

- средняя наработка на отказ одного канала каждой функции системы телемеханизации должна быть не менее 18000 часов;

- по достоверности передаваемой информации система телемеханизации должна соответствовать 1 категории;

- вероятность трансформации команд в системах телемеханизации не должна превышать 1 категорию, то есть 10^{-14} ;

- вероятность ложной команды должна быть не более 10^{-12} .

Отказом функции защиты считается не обнаружение системой автоматизации аварийного события, предусмотренного проектным решением или несоответствующее проектному решению формированию команд управлением оборудованием при наличии аварийного события [4].

Отказом функции управления считается самопроизвольное формирование команд управления на оборудовании, не предусмотренных проектными решениями для соответствующей ситуации, либо отказ в формировании команд управления оборудованием, при наличии команд оператора, не противоречащих предусмотренным проектным решениям блокировок.

Отказом информационной функции считается отсутствие актуального дискретного сигнала или искажение измеренного значения физической величины на устройствах отображения или выходных интерфейсах.

1.2.7 Требования к комплектности

В состав поставок должны входить:

- комплектующие шкафа управления ШУ-3;

- комплект ЗИП (10 % от общего количества каждого типа оборудования, но не менее 1 шт.) [9];
- прикладное программное обеспечение;
- документация;
- компакт-диск или носитель информации с файлами расширения для программного обеспечения.

2 Разработка проекта и подбор оборудования

2.1 Описание технологического процесса

Паровой котёл БЭМ-25/4,0-440Г – предназначен для производства, перегретого пара температурой до 440 °С и давлением до 4,0 МПа, построен на принципе нагревания воды, в трубах топки котла с помощью газа. Далее пар, подаётся в общий коллектор, где распределяется на турбогенератор и производство сахара.

Данный котёл водотрубный, с естественной циркуляцией воды и рассчитан на работу под разрежением.

Котёл имеет два барабана – верхний и нижний, топку и газоход, а также пароперегреватель. Над пароперегревателем имеется газоход с регулирующим шибером, что позволяет регулировать температуру пара, пропуская часть газов мимо пароперегревателя. Экономайзер соединён с коробом уходящих газов с котла, через него проходит линия питательной воды, так как температура газов высока, соответственно происходит догревание питательной воды. Продукты сгорания из топки проходят в конвективный газоход.

Питательная вода, перекачиваемая с деаэратора в трубную систему котла питательными насосами под давлением 4,0 МПа, поступает в водяной экономайзер. Из водяного экономайзера – в верхний барабан, где она смешивается с котловой водой чистого отсека, а оттуда по опускным трубам в нижний барабан. Из нижнего барабана по трубам котельных пучков пароводяная смесь поступает в чистый отсек верхнего барабана, где происходит сепарация пара. При этом часть котловой воды по горизонтальной перепускной трубе подаётся в водяной объём солевого отсека, а оттуда – по опускной трубе в солевой отсек нижнего барабана.

Насыщенный пар из верхнего барабана по трубам диаметром 89 поступает в горизонтальный сборный коллектор, из которого пар поступает в змеевики пароперегревателя. Пройдя по змеевикам пароперегревателя, пар поступает в выходной коллектор перегретого пара, а из него – потребителю.

Также паровой котёл комплектуется газовой прямоточно-вихревой горелкой типа ГМПВ-20. Конструктивно горелка состоит из воздухоманавливающей части газораздающего устройства и самого газораздающего устройства. На горелке предусмотрена установка фотодатчика, запального устройства и форсунки.

Предназначение водяного экономайзера на паровом котле заключается в нагреве питательной воды до поступления её в барабан парового котла. На рисунке 1 изображён макет парового котла БЭМ-25/4,0-440Г.

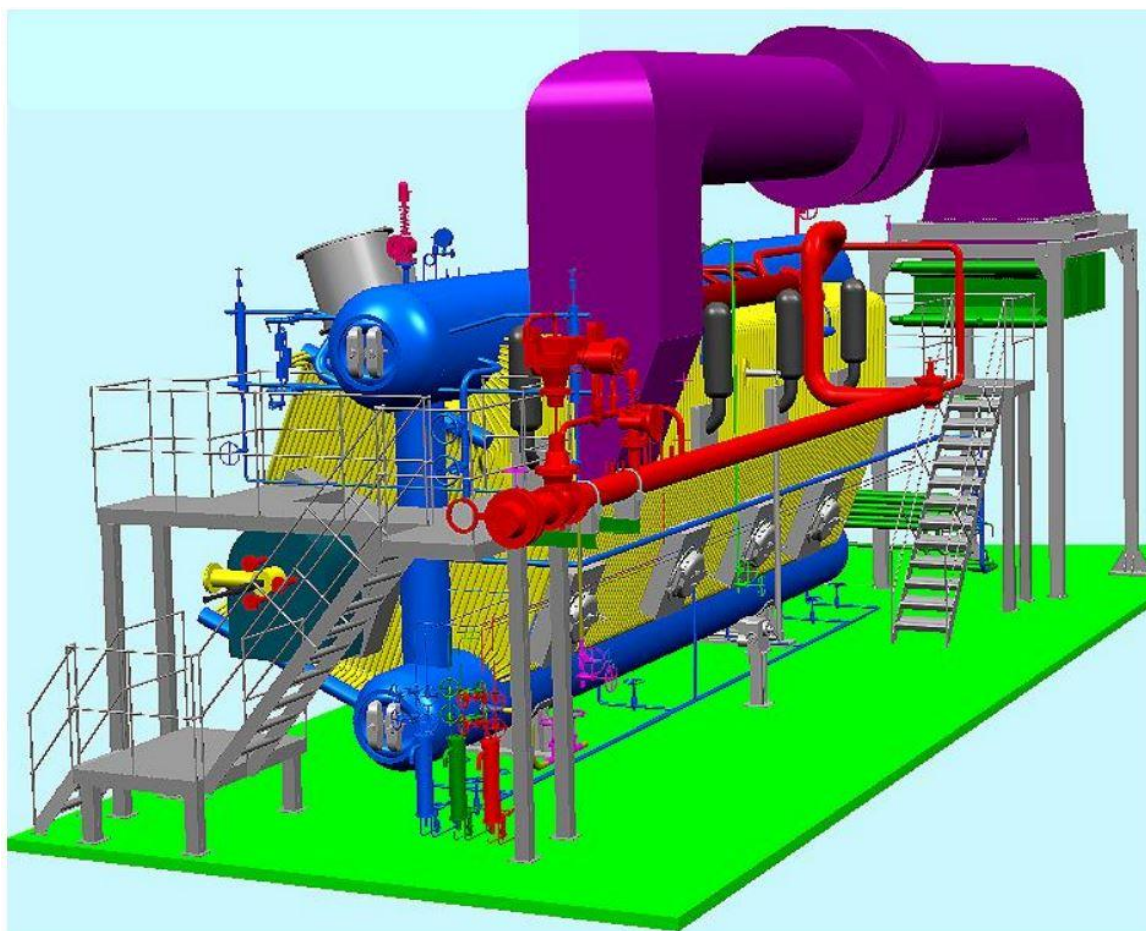


Рисунок 1 – Макет парового котла БЭМ-25/4,0-440Г

На данном паровом котле должны быть установлены исполнительные механизмы запорные и регулирующие для подачи питательной воды с функцией байпаса, также исполнительные механизмы для подачи воздуха в топку котла и уходящих газов с топки. Для подачи газа предусмотрены две линии трубопровода с запорной и регуливающей арматурой на горелку и запальник. На

трубопроводе пара после пароперегревателя установлены также исполнительные механизмы с байпасом для регулировки давления пара на выходе котла.

Предусмотрена и сбросная часть на паровом котле для аварийных, тестовых режимов, т.е. отводы для сброса давления пара и газа на линиях подачи (см. приложение А).

2.2 Разработка структурной схемы АС

Объектом управления является паровой котёл. В барабане парового котла осуществляется замер уровня воды, температуры, давления и уровня раздела фаз. Основными исполнительными устройствами являются задвижки с электроприводом, а также частотные преобразователи для вентилятора и дымососа. На основании вышеуказанных данных строим трёхуровневую структуру автоматизированной системы (см. приложение Б)

Специфика каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой [8]. Трёхуровневая структура АС, приведена на рисунке 2.

Нижний уровень системы составляют датчики, устройства измерения технологических параметров, приводы и исполнительные устройства, установленные на технологическом оборудовании и предназначенные для сбора первичной информации и реализации исполнительных воздействий. Этот уровень называют уровнем ввода-вывода (I/O) или полевым(Field) уровнем. Устройства полевого уровня могут быть интеллектуальными, в этом случае обмен информацией с ними может осуществляться непосредственно по сети передачи данных.

Следующий уровень системы – программируемые контроллеры. Они выполняют функцию непосредственного автоматического управления технологическими процессами. Управление исполнительными механизмами осуществляется по определенным алгоритмам путем обработки данных о

состоянии техно логических параметров, полученных посредством измерительных приборов. Этот уровень получил наименование уровня непосредственного управления (Control).

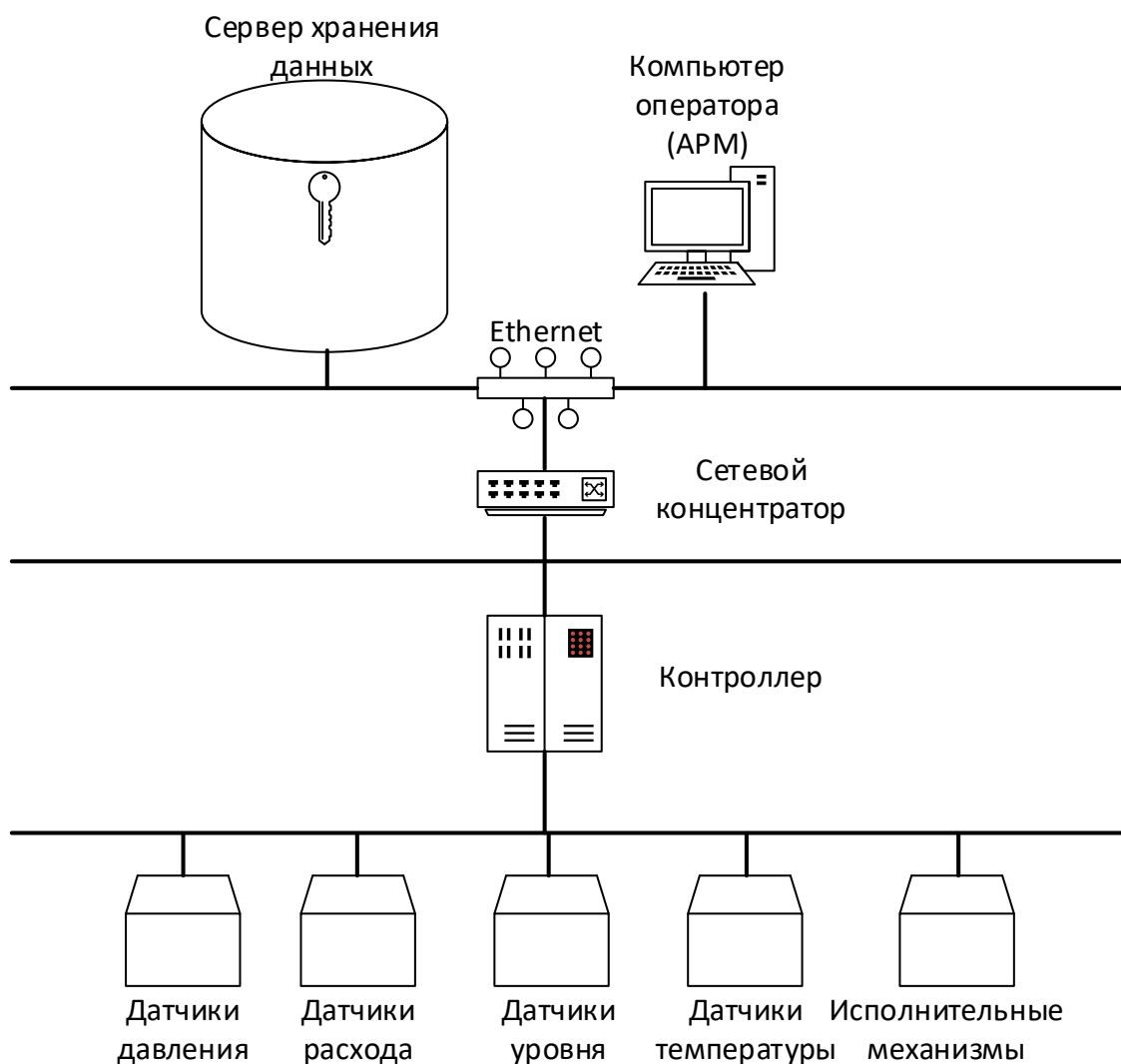


Рисунок 2 – Трёхуровневая структура АС

Серверы технологических данных и автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов технологического оборудования образуют так называемую SCADA-систему, верхний уровень АСУ ТП.

Серверы обеспечивают работу SCADA-системы, поддерживая протокол обмена данными с технологическими устройствами (контроллерами, интеллектуальными датчиками и исполнительными механизмами) и протокол работы с сетью персональных компьютеров. Основными функциями SCADA-систем являются:

- сбор, первичная обработка и накопление информации о параметрах технологического процесса и состоянии оборудования от промышленных контроллеров и других цифровых устройств, непосредственно связанных с технологической аппаратурой;
- отображение информации о текущих параметрах технологического процесса на экранах АРМ операторов и технического персонала в виде графических мнемосхем;
- отображение графиков текущих значений технологических параметров в реальном времени за заданный интервал;
- операторское управление технологическим процессом;
- обнаружение критических (аварийных) ситуаций;
- вывод на экраны АРМ операторов технологических и аварийных сообщений;
- архивирование истории изменения параметров технологического процесса;
- предоставление данных о параметрах технологического процесса для их использования в системах управления предприятием.

В соответствии с современной идеологией основные задачи управления решаются на нижних уровнях системы, что позволяет повысить быстродействие системы и разгрузить вычислительную сеть от передачи излишней информации. На верхние уровни управления возлагаются только те задачи, для выполнения которых вычислительные средства нижних уровней не приспособлены, например, отображение текущего состояния автоматизируемого производства, работа с большими базами данных (БД), документальное сопровождение деятельности предприятия и т.д.

2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации

Функциональная схема автоматизации — это технический документ, в котором определена функционально-блочная структура оснащения объекта управления (ОУ) аппаратно-техническими средствами автоматизации.

Все элементы систем управления на функциональной схеме автоматизации изображаются в виде условных изображений и объединяются линиями функциональной связи.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса были решены следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и аппаратно-технических средств;
- задача управления технологическим процессом и стабилизации технологических параметров;
- задача регистрации технологических параметров процессов.

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно требованиям, ГОСТ 21.408–13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» и приведена в приложении А [23].

2.4 Схема информационных потоков

Она включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки);
- средний уровень (уровень текущего хранения);
- верхний уровень (уровень архивного и КИС хранения).

На нижнем уровне представляются данные аналоговых сигналов и дискретных сигналов устройств ввода/вывода, а также данные о вычислениях и преобразованиях.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является одновременно приемником и источником данных от внешних систем.

На этом уровне ПЛК формирует пакетные потоки информации из данных собранных на нижнем уровне. Верхний уровень представляет собой базы данных КИС и АСУ ТП. Информация для операторов АРМ структурируется наборами экранных форм. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы. На рисунке 3 изображена схема информационных потоков.

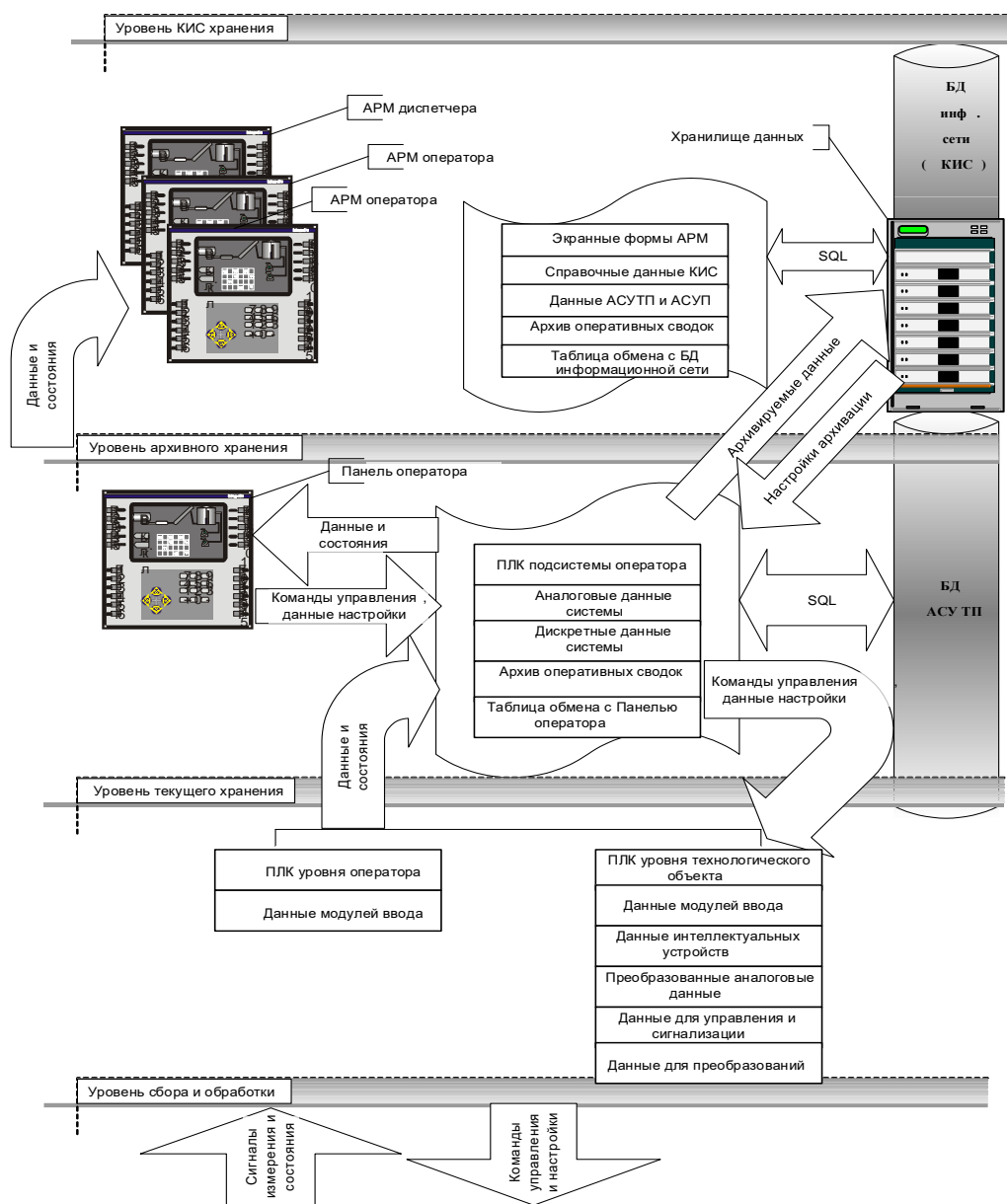


Рисунок 3 – Схема информационных потоков

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

- уровень в барабане котла, мм;

- уровень раздела фаз, мм;
- давление газа перед горелкой, кПа;
- температура пара, воды, газа в трубопроводах, °С;
- давление пара, воды, МПа;
- расход воды, пара, м³/ч.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид: AAA_BBB_CCCC, где:

1. AAA–параметр, состоящий из 3-х символов, который принимает следующие значения:

- LIR–уровень;
- PIR– давление;
- TIR – температура;
- FIR– расход.

2. BBB– код технологического аппарата (или объекта), содержащий 3 символа:

- RZD– разделитель;
- INP – трубная обвязка, подходящая к разделителю Р-1;
- OUT – трубная обвязка, отходящая от разделителя Р-1.

3. CCCC –уточнение, включающее не более 4 символов:

- ALRM– авария;
- OPEN – открыть;
- CLSE – закрыть;
- WARN – предупреждение;
- STRT – пуск;
- STOP – стоп;
- H – верхнее предельное значение;
- L – нижнее предельное значение;
- HH - аварийное верхнее значение;

- LL – аварийное нижнее значение.

Знак подчеркивания _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

2.5 Разработка схемы внешних проводок

Схема соединений внешних проводок – это комбинированная схема, на которой изображены электрические и трубные связи между приборами средствами автоматизации, установленными на технологическом, инженерно оборудовании и коммуникациях (трубопроводах, воздухопроводах и т.д.), внештатных щитах, а также связи между щитами, пультами, комплексами или отдельными устройствами комплексов.

Сигналы, приходящие со всех датчиков и исполнительных механизмов, по контрольным кабелям поступают в клеммные соединительные коробки, откуда они попадают на щит оператора. Клеммная соединительная коробка (КСК) предназначена для соединения кабелей при монтаже различного технологического оборудования. Выберем коробки КСК-8, КСК-14, КСК-28 на 8, 14, 28 контактов соответственно.

В качестве контрольных кабелей, передающих сигнал от первичных преобразователей и ИМ, возьмем кабель МКЭШ. Данный кабель представляет собой кабель с медной жилой и поливинилхлоридной оболочкой, не распространяющей горение с низким дымо и газовыделением.

МКЭШ предназначен для эксплуатации в кабельных сооружениях и помещениях для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 550 В номинальной частотой до 400 Гц или постоянным напряжением до 750 В.

Количество жил в контрольных кабелях выберем равным 5, 10 и 27 при соединении приборов с КСК и со шкафом управления, неиспользуемые жилы

являются резервными. Полученные схемы соединения внешних проводок парового котла приведены в приложении В1 и В2.

2.6 Разработка общего вида щита управления

Чертежи общих видов щитов и пультов разрабатывают на единичные и составные щиты. Под единичным щитом понимается щит, пульт и панель с мнемосхемой по номенклатуре.

Под составным понимается щит, образующийся в результате сборки при монтаже на строительной площадке из единичных щитов. Чертеж общего вида единичного щита должен содержать:

- перечень составных частей;
- вид спереди;
- вид на внутренние плоскости;
- фрагменты вида (при необходимости);
- технические требования;
- таблицу надписей.

На чертежах общих видов, кроме таблицы надписей, при необходимости выполняют другие таблицы, например, условных нетиповых обозначений, применимости общих чертежей, условных обозначений символов мнемосхемы. Все таблицы на чертеже должны иметь сквозную нумерацию. Чертеж общего вида составного щита должен содержать:

- перечень составных частей;
- вид спереди.

На виде спереди единичного щита показывают приборы, средства автоматизации, элементы мнемосхем, изделия для нанесения надписей о назначении того или иного прибора. Внешний вид шкафа управления паровым котлом представлен в приложении Г.

3 Выбор и описание комплекса технических средств реализации

Комплекс технических средств АСУ парового котла включает в себя измерительные устройства, исполнительные механизмы, контроллерное оборудование, коммутационную аппаратуру, а также системы сигнализации и вспомогательное оборудование.

Измерительные устройства осуществляют сбор информации о технологическом процессе. Исполнительные устройства преобразуют электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование обрабатывает сигналы с датчиков, осуществляет алгоритмы локального управления и аварийных защит, выдаёт сигналы управления исполнительным механизмам. Посредством коммутационной аппаратуры осуществляется связь и передача данных между техническими средствами среднего и верхнего уровней. Панели оператора используется как вспомогательное оборудование для мониторинга и управления технологическим процессом. Для надежной и бесперебойной работы оборудования используется ИБП. Комплекс технических средств имеет взрывозащищенное исполнение типа «взрывонепроницаемая оболочка», либо «искробезопасная электрическая цепь».

3.1 Выбор программируемого логического контроллера

В качестве ПЛК нашей системы был выбран контроллер фирмы Siemens Simatic S7-300.

Программируемый логический контроллер Simatic S7-300-предназначен для построения систем автоматизации низкой и средней сложности. Модульная конструкция контроллера S7-300, работа со свободным охлаждением, возможность использования локальных и распределенных структур ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, высокая простота

использования и обслуживания обеспечивают возможность получения оптимальных решений для построения систем автоматического управления технологическими процессами в различных областях промышленного производства. На рисунке 4 изображен контроллер серии S7-300 модели 315 2PN.



Рисунок 4 – Программируемый логический контроллер S7-315 2PN/DP

Основными преимуществами контроллеров серии S7-300 являются:

- наличие большого разнообразия модулей центрального процессора и модулей расширения позволяет максимально эффективно построить автоматизированную систему управления на базе S7-300 под потребности конкретного технологического процесса;
- быстрое и легкое расширение АСУ ТП благодаря использованию распределенных структур ввода-вывода и простому включению дополнительных контроллеров в существующую сеть;
- из-за низкого тепловыделения не требуется дополнительное охлаждение типа вентиляторов;

- имея большое количество встроенных функций и внешних подключаемых библиотек ПЛК S7-300 обладает большой функциональной мощностью и может использоваться для большого количества как стандартных, так и специализированных задач. В таблице 1 отображены технические характеристики контроллеров.

Таблица 1 – Технические характеристики контроллеров

| Производитель, модель | Siemens Simatic S7-315 2PN/DP | Schnider Electric Modicon M251 | Allen-Bradley ControlLogix 5560 |
|---|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Внешнее напряжение питания центрального процессора, В | 24 | 24 | 24т |
| Номинальный потребляемый ток, мА | 750 | 1000 | 800 |
| Диапазон рабочих температур, °С | (минус 25 – 60) | (минус 10 – 30) | (минус 20 – 60) |
| Интерфейсы связи | MPI, Profinet, Profibus DP | Ethernet/IP | RS232/RS485/Ethernet |
| Рабочая память | 384 Кбайт | 64 Мбайт | 64 Мбайт |
| Энергонезависимая область памяти для сохранения блоков данных | 128 Кбайт | 8 Мбайт | 128 Мбайт |
| Количество модулей в корзине | 8 | 7 | 7 |
| Поддержка функций ПИД регулирования | Да | Да | Да |

Продолжение таблицы 1– Технические характеристики контроллеров

| | | | |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Производитель, модель | Siemens Simatic S7-315 2PN/DP | Schnider Electric Modicon M251 | Allen-Bradley ControlLogix 5560 |
| Дополнительная память | До 8 Мбайт | До 64 Мбайт | До 128 Мбайт |
| Языки программирования | LAD, FBD, STL, SCL, CFC, GRAPH | IL, ST, FBD, SFC, LD | LD, FBD, STL, SCL, CFC |
| Время наработки на отказ | 100 000 часов | 100 000 часов | 80 000 часов |
| Стоимость в рублях | 80 700,00 | 75 000,00 | 150 000,00 |

3.2 Подбор оборудования передачи информации

В качестве промышленного сетевого коммутатора для передачи информации между контроллерным оборудованием и панели оператора, а также АРМ был выбран Siemens Scalance X005. Данная модель не управляемая, надёжная и подходит для данной передачи информации. На рисунке 5 изображен промышленный коммутатор Scalance X005.



Рисунок 5 – Промышленный коммутатор Scalance X005

Преимуществами данного коммутатора являются:

- Неуправляемый коммутатор Industrial Ethernet начального уровня SCALANCE X005 оптимизирован для построения небольших сетей Ethernet со скоростями 10/100 Мегабит/секунду с линейной или звездообразной структурой;
- Пять электрических узлов или сетевых подключений;
- Прочный металлический корпус для монтажа в шкафу на стандартную рейку, S7-300 DIN рейку или для монтажа на стенку;
- Прочное соединение промышленного стандарта со станциями посредством Profinet разъемов, что дает дополнительное механическое усиление соединения;
- Диагностика устройства посредством светодиодов (питание, статус соединения, передача данных). В таблице 2 отображены основные характеристики промышленных коммутаторов.

Таблица 2 – Характеристики промышленных коммутаторов.

| Производитель, серия | Scalance X005 | EDS-2005 EL | DIS-100E-5W |
|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Внешнее напряжение питания, В | 24 | 24 | 24 |
| Номинальный потребляемый ток, А | 0.08 | 0.045 | 0.2 |
| Диапазон рабочих температур, °C | (0 – 65) | (минус 10 – 65) | (минус 40 – 65) |
| Скорость передачи информации | 10 Мбит/100 Мбит | 10 Мбит/100 Мбит | 10 Мбит/100 Мбит |
| Количество портов RJ45 | 5 | 5 | 5 |

Продолжение таблицы 2 – Характеристики промышленных коммутаторов.

| | | | |
|--------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Производитель, серия | Scalance X005 | EDS-2005 EL | DIS-100E-5W |
| Степень защиты | IP30 | IP40 | IP30 |
| Время наработки на отказ | 1 460 000 часов | 4 800 000 часов | 219 000 часов |
| Стоимость в рублях | 8500,00 | 12 000,00 | 10 000,00 |

3.3 Выбор датчиков уровня

Выбор датчика уровня проходил из следующих вариантов приборов: Метран 150CD [8], Deltabar S PMD75 [6], SiemensSITRANS P DS III [5].

Таблица 3 – Основные характеристики датчиков уровня по перепаду давления

| Тип, модель | Метран 150 | Deltabar S PMD75 | SITRANS P DS III |
|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Измеряемые среды | жидкость, пар, нефть и нефтепродукты | жидкость, нефть и нефтепродукты | жидкость, нефть и нефтепродукты |
| Давление среды, кПа | 0,63 | 0,63 | 0,63 |
| Температура окружающей среды, °С | (минус 20 – 75) | (минус 40 – 75) | (минус 40 – 75) |
| Рабочая температура, °С | (минус 40 – 150) | (минус 40 – 120) | (минус 40 – 120) |
| Степень защиты | IP67 | IP66 | IP68 |
| Выходные сигналы, мА | (4 – 20) | (4 – 20) | (4 – 20)/ HART |
| Цена в рублях | 25 000,00 | 35 000,00 | 40 000,00 |

В результате анализа был подобран датчик уровня Метран 150CD. В датчике есть преобразователь и сенсор, внутри которого находится измерительный блок и плата преобразователя. После поступления давления в камеру измерительного блока полученное значение преобразовывается за счет деформации чувствительного элемента и изменения электро-сигнала. На рисунке 6 изображен датчик уровня Метран 150CD [8].



Рисунок 6 – Внешний вид датчика уровня Метран 150

3.4 Выбор датчика температуры

Датчик температуры подбирается для измерения температуры питательной воды до экономайзера, необходимо выбрать из перечисленных брендов таких как: Метран-226, Jumo90.2044, Modul LineTM101. Сравнение датчиков температуры отображено в таблице 4 [5, 7].

Таблица 4 – Характеристики датчиков температуры

| Производитель, тип | Метран-226 | Jumo90.2044 | Modul LineTM101 |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Измеряемые среды | жидкость, нефтепродукты | жидкость, нефтепродукты | жидкость, нефтепродукты |
| Температура окружающей среды, °C | (минус 5 – 60) | (минус 40 – 60) | (минус 45 – 60) |

Продолжение таблицы 4 – Характеристики датчиков температуры

| Производитель, тип | Метран-226 | Jumo90.2044 | Modul LineTM101 |
|---|------------------|------------------|------------------|
| Температура измеряемой среды, °C | (минус 30 – 200) | (минус 50 – 200) | (минус 50 – 200) |
| Приведенная погрешность измерений \pm , % | 0,25 | 0,225 | 0,50 |
| Выходные сигналы, PT100, mA | по сопротивлению | (4 – 20) | (4 – 20) |
| Цена в рублях | 7 500,00 | 5 200,00 | 12 000,00 |

Более подходящим вариантом оказался датчик температуры Метран-226. Принцип работы основан на явлении изменения электрического сопротивления металлов при изменении их температуры. Величина изменения электрического сопротивления определяется типом материала чувствительного элемента и величиной изменения температуры. Измерительным узлом ТС является пленочный чувствительный элемент (ЧЭ), представляющий собой платиновую пленку, нанесенную методом напыления на ситаловую подложку. ЧЭ помещен в защитную арматуру, материал которой и размеры выбраны устойчивыми к воздействию среды, температура которой измеряется. ЧЭ при помощи соединительных проводов по 2-х, 3-х или 4-х проводной схемам подключается к армированным контактам соединительной головки или выведен соединительным кабелем для дальнейшей коммутации в системах автоматизации. На рисунке 7 изображён датчик температуры Метран-226.



Рисунок 7 – Датчик температуры Метран-226 [8]

3.5 Выбор датчика давления

Подбор датчика давления происходил из следующих вариантов: Метран-75, Jumo DelosSI, Trafag DPC 8380. В таблице 5 отображены характеристики датчиков давления.

Таблица 5 – Основные характеристики датчиков давления

| Производитель, тип | Метран-75 | Jumo DelosSI | Trafag DPC 8380 |
|--|---------------------------------|---|--|
| Измеряемые среды | воздух, пар, различные жидкости | жидкости, нефтепродукты пар, газ, газовые смеси | жидкости, нефтепродукты; пар, газ, газовые смеси |
| Температура окружающей среды, °C | (минус 40 – 85) | (минус 40 – 85) | (минус 40 – 75) |
| Температура измеряемой среды, °C | (минус 40 – 100) | (минус 40 – 100) | (минус 40 – 100) |
| Основная погрешность измерений \pm , % | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

Продолжение таблицы 5 – Основные характеристики датчиков давления

| Производитель, тип | Метран-75 | Jumo DelosSI | Trafag DPC 8380 |
|-------------------------------|---------------------|--|--|
| Диапазоны измеряемых давлений | (0,00063 – 6,0) МПа | мин. (0 – 0,025) кПа; – макс. (0 – 100) МПа | мин. (0 – 0,04) кПа – макс. (0 – 100) МПа |
| Выходные сигналы, мА | (4 – 20) | (4 – 20) | (4 – 20) |
| Цена в рублях | 34 000,00 | 41 500,00 | 47 200,00 |

В результате анализа по соотношению цена и качество наиболее подходящим является Метран-75, внешний вид которого представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Датчик давления Метран-75

Интеллектуальные датчики давления серии Метран-75 предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный выходной ток или цифровой сигнал по протоколу HART входных измеряемых величин. Датчик состоит из сенсорного модуля и электронного преобразователя. Модуль датчика состоит из измерительного блока и платы аналого-цифрового

преобразователя. Давление, подаваемое в камеру измерительного блока, преобразуется в деформацию чувствительного элемента и изменение электрического сигнала. Электронный преобразователь преобразует электрический сигнал в соответствующий выходной сигнал.

3.6 Выбор датчика расхода

Выбор расходомера проходил из следующих вариантов приборов: вихревой расходомер Jumo dTransp02 Delta, Метран-300ПП и Krohne OPTISONIC 3400C. В таблице 6 отображены характеристики расходомеров.

Таблица 6 – Основные характеристики расходомеров

| Производитель, тип | Jumo dTransp02 Delta | Метран-300ПП | KrohneOPTISONIC3400C |
|---|---|------------------|--------------------------------------|
| Измеряемые среды | жидкость, пар, газ | жидкость | жидкость, нефть, газ |
| Тип устройства | вихревой | вихревой | вихревой |
| Абсолютная погрешность измерений \pm , % | для жидкости (0,5); для пара и газа (1,0) | (1,0) | (1,0) |
| Измеряемый объемный расход, м ³ /ч | (0 – 2000) | (0,18 – 2000) | (0 – 2000) |
| Рабочая температура, °C | (минус 40 – 85) | (минус 10 – 150) | (минус 45 – 140) |
| Выходные сигналы, мА | (4 – 20) | (4 – 20)/ HART | (0 – 20), HART, PROFIBUS, Modbus RTU |
| Цена в рублях | 41 000,00 | 35 000,00 | 58 200,00 |

В результате анализа был выбран расходомер Метран-300ПР (рисунок 9), так как он подходит для жидкостей, а также имеет диапазон измерения расхода с погрешностью от $\pm 1 \%$ в зависимости от скорости потока и имеет привлекательную цену.



Рисунок 9 – Внешний вид расходомера Метран – 300ПР

Расходомеры Метран 300ПР предназначены для применения в системах коммерческого учёта тепловой энергии, горячего и холодного водоснабжения, а также для технологических измерений расхода воды и водных растворов в различных отраслях промышленности, в том числе в составе АСУТП. Надежность и стабильность эксплуатации расходомера Метран 300ПР проверена временем. А особенности такого расходомера заключаются в:

- высокой метрологической стабильности даже при измерении низких расходов благодаря температурной коррекции расходной характеристики преобразователя;
- эффект самоочищения проточной части благодаря уникальной конструкции расходомера;
- съемное тело обтекания увеличивает ремонтпригодность расходомера и снижает стоимость владения;

- благодаря детектированию вихреобразования при помощи ультразвука расходомер стабильно измеряет расход воды любого качества независимо от наличия примесей и металлических включений;
- 3-х строчный жидкокристаллический индикатор.

3.7 Подбор датчика контроля пламени

Выбор датчика контроля пламени проходил из следующих вариантов приборов: фотодатчик пламени горелки ФД-05ГМ, устройство контроля пламени БСТ-ФД-06 (фотодатчик), датчик контроля пламени СЛ-90-1/24. В таблице 7 отображены характеристики датчиков контроля пламени.

Таблица 7 – Основные характеристики датчиков контроля пламени

| Параметр | ФД-05ГМ | БСТ-ФД-06 | СЛ-90-1/24 |
|-------------------------------------|-----------------------|---|---------------------------|
| Напряжение питания, В | 220 | 18 – 30 | 24 |
| Степень защиты | IP54 | IP50 | IP65 |
| Время срабатывания, сек. | 2 | (0,5 – 10) | 2 |
| Температура окружающего воздуха, °С | (0 – 60) | (минус 40 – 50) | (минус 40 – 80) |
| Выходные сигналы | группа контактов реле | 10 мА при наличии пламени; менее 1 мА при отсутствии пламени | две группы контактов реле |
| Цена в рублях | 6 700,00 | 11 200,00 | 10 900,00 |

В результате анализа, по соотношению цена и качество, был выбран датчик контроля пламени ФД-05ГМ (рисунок 10).



Рисунок 10 – Датчик контроля пламени горелки

Датчик предназначен для контроля факела газовой горелки. Контроль факела газовой горелки производится по каналу 1 – индикатором ультрафиолетового излучения, по каналу 2 – фотодиодом в спектре видимого и ближнего инфракрасного излучения. При контроле пылеугольной горелки с мазутной «подсветкой» канал 1 контролирует наличие пылеугольного факела, канал 2 наличие факела форсунки. Датчик работает в комплекте с сигнализатором горения ЛУЧ - 1 АМ в системах защиты котлов [7].

3.8 Выбор исполнительных механизмов

Электрический исполнительный механизм, предназначен для приведения в действие запорно-регулирующей трубопроводной арматуры в системах автоматического регулирования технологическими процессами, в

соответствии с командными сигналами регулирующих и управляющих устройств.

Принцип работы исполнительных механизмов заключается в преобразовании электрической энергии во вращательное перемещение выходного вала в соответствии с сигналом, поступающим от регулирующего или управляющего устройства.

В нашем случае исполнительный механизм подбирается для линии регулирования подачи воды в барабан парового котла. Регулирование подачи воды является одним из основных узлов автоматизации парового котла. Необходимо выбрать электропривод для будущего клапана и оценить интеграцию в систему автоматизации. А также учесть заранее управление для данного типа привода.

Для подбора оборудования были выбраны несколько производителей запорно-регулирующей арматуры, а это: AUMA [6] и BRAY. В таблице 8 представлены основные сравнительные характеристики электроприводов.

Таблица 8 – Основные характеристики электроприводов.

| Производитель, тип | AUMA SAR 07.2 | Bray серия 70 |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Напряжение питания, В | ~ 400 | ~ 220 |
| Степень защиты | IP67 | IP65 |
| Блок управления, мА | Аналоговый, (4 – 20) | Аналоговый, (4 – 20) |
| Блок конечных выключателей | Да | Да |
| Температурный диапазон, °С | (минус 60 – 80) | (минус 20 – 50) |
| Ручной маховик | имеется | имеется |
| Цена в рублях | 320 000,00 | 380 000,00 |

Для управления регулирующей арматурой выбран электропривод AUMA SAR 07.2 компании AUMA, внешний вид которого изображен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Внешний вид электропривода AUMA SAR 07.2 [6]

Данный электропривод не прихотлив в обслуживании, надёжный и подходит для климатических условий окружающей среды. Также данный привод имеет местное управления, в случае отказа дистанционного управления.

4 Разработка алгоритмов управления АС

4.1 Алгоритм автоматического управления технологическим параметром

В данном пункте будет описан алгоритм поддержания заданного уровня, который должен обеспечить приемлемую степень регулирования, достаточно малое время выхода на режим, а также невысокую чувствительность к различным внешним возмущениям.

Работа ПИД регулятора основывается на следующем принципе: измеряется отклонение величины, которая стабилизируется, к заданному значению, исходя из полученных результатов отклонения этой величины выдаётся управляющий сигнал, который является суммой трёх слагаемых, первое - пропорционально отклонению этой величины, второе - пропорционально интегралу отклонения от заданной величины и третье - пропорционально производной отклонения от заданной величины.

Происходит сравнение - задание по уровню сравнивается с текущим значением уровня, полученным при помощи датчика уровня воды (LT1, LT2). По рассогласованию с регулируемой величиной регулятор уровня формирует и выдает задание по положению регулирующего органа – клапана. Заданное положение сравнивается с текущим, полученным от датчика положения регулирующего клапана. На основе расхождения по положению блок управления формирует управляющий сигнал на исполнительный механизм позиционера. Модель системы регулирования представлена на рисунке 12.

В качестве регулируемых параметров технологического процесса выступает уровень воды в баке барана котла. Объектом управления является контур участка между точкой измерения уровня и регулирующим органом клапана. Длина данного участка определяется правилами установки датчика и регулирующих органов которая, составляет обычно несколько метров. Время промежуточного запаздывания делает несколько секунд для жидкости, постоянное значение времени составляет несколько секунд.

В качестве алгоритма регулирования выберем алгоритм ПИД регулирования, который обеспечивает хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и низкую чувствительность к внешним воздействиям.

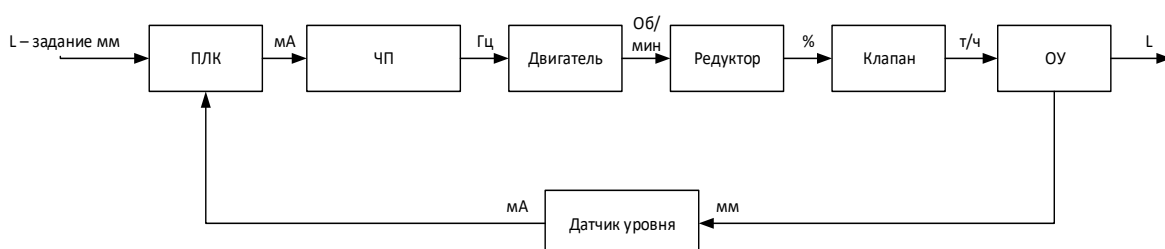


Рисунок 12 – Модель системы регулирования уровня в баке

Объектом управления является бак барабана котла после клапана. Регулирующим органом выступает клапан, управляемый электроприводом, который в данной схеме разделен на частотный преобразователь, асинхронный двигатель и редуктор.

На панели оператора устанавливается уровень, который необходимо поддерживать в баке. В ПЛК передается значение с датчика уровня, затем происходит сравнение значений. Далее формируется выходной токовый сигнал, который подается на частотный преобразователь, на выходе которого формируется напряжение питания электропривода клапана. С помощью клапана с электроприводом электрическая энергия преобразуется в поступательное движение штока. Таким образом, уровень в баке становится равным заданному давлению.

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором передаточных функций:

Передаточная функция частотного преобразователя

Дифференциальное уравнение для частотного преобразователя решается так (1):

$$T_{\text{чп}} \frac{df}{dt} + f = k_{\text{чп}} I_3; \quad (1)$$

где $T_{\text{чп}}$ – коэффициент времени частотного преобразователя;

f – частота сети;

$k_{\text{чп}}$ – коэффициент передачи частотного преобразователя;

I_3 – ток задания.

Частотный преобразователь представляет собой апериодическое звено, которое преобразует электрическую энергию сети в электрическую энергию для управления клапана.

Далее, для составления передаточной функции частотного преобразователя, необходимо рассчитать коэффициент передачи и постоянную времени.

Коэффициент передачи частотного преобразователя может быть определён в статическом режиме как отношение частоты на выходе преобразователя, обеспечивающей номинальный режим работы двигателя, к задающему току с ПЛК на входе преобразователя. Так как управление происходит током (4 – 20) мА, а частота изменяется в диапазоне (0 – 50) Гц, номинальной частоте $f_n = 50 \text{ Гц}$ будет соответствовать ток $I_{3н} = 20 \text{ мА}$ и решается по формуле (2):

$$k_{\text{чп}} = \frac{f_n}{I_{3н}} = \frac{50}{20} = 2,5; \quad (2)$$

Постоянная времени преобразователя определяется по формуле (3):

$$T_{\text{чп}} = T_{\phi} + \frac{1}{2\pi m f_n} = 0.006; \quad (3)$$

где

T_{ϕ} – постоянная времени контура системы импульсно-фазового управления (СИФУ) ПЧ, включая фильтр;

m – число фаз ТПЧ.

Значение постоянной времени цепи СИФУ преобразователей обычно составляет $0,003 \div 0,005$ с, поэтому при моделировании принято принимать значение T_{ϕ} из данного диапазона. Так как ПЧ реализует управление трёхфазным двигателем, то число фаз $m = 3$. Номинальное значение выходной частоты f_n составляет 50 Гц.

Таким образом, можно записать передаточную функцию частотного преобразователя (4):

$$W_{\kappa}(s) = \frac{k_{\text{чп}}}{T_{\text{чп}}s + 1} = \frac{2,5}{0,006s + 1} \quad (4)$$

Передаточная функция асинхронного двигателя

Дифференциальное уравнение для асинхронного двигателя выглядит следующим образом (5):

$$T_{\text{дв}} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{\text{дв}} f; \quad (5)$$

Асинхронный двигатель представляет собой апериодическое звено, которое преобразует электрическую энергию в скорость вращения вала.

Исходя из технических характеристик двигателя, рассчитаем постоянную времени $T_{\text{дв}}$ и коэффициент передачи $k_{\text{дв}}$. (6).

Постоянную времени примем равной $T_{\text{дв}} = 0,72$ с. Коэффициент передачи двигателя может быть определён как отношение номинальной угловой скорости вращения двигателя $\omega_{\text{двн}}$ к номинальной частоте питающей сети f_n . Будем считать, согласно документации на двигатель, что номинальная угловая скорость равна 293 рад/сек т.к. максимальная скорость 2800 об/мин, а номинальная частота электропитания 50 Гц.

$$k_{\text{дв}} = \frac{\omega_{\text{двн}}}{f_n} = 5,86 \quad (6)$$

Таким образом, можно записать передаточную функцию двигателя (7):

$$W_{\partial\delta}(s) = \frac{k_{\partial\delta}}{T_{\partial\delta}s + 1} = \frac{5,86}{0,72s + 1}. \quad (7)$$

Передаточная функция редуктора

В электроприводе AD00063 используется четверть оборотный редуктор, для данного редуктора передаточное отношение равно 90 к 1, передаточная функция редуктора примет вид (8):

$$K_{p\partial} = \frac{1}{90} = 0,01 \quad (8)$$

Передаточная функция клапана

Дифференциальное уравнение для клапана выглядит следующим образом (9):

$$\frac{dP_{ex}}{dt} = \lambda; \quad (9)$$

Клапан представляет собой интегрирующее звено, которое преобразует степень открытия λ клапана в давление на выходе.

Таким образом, можно записать передаточную функцию клапана (10):

$$W_{\kappa}(s) = \frac{1}{s}. \quad (10)$$

Передаточная функция бак барабана

Объектом управления является бак барабана после клапана. Передаточная функция объекта управления определяется как передаточная функция резервуара (11):

$$W_{oy}(s) = \frac{k_{oy}}{s}, k_{oy} = \frac{1}{2L\sqrt{Dh - h^2}} \quad (11)$$

где L и D – длина и внутренний диаметр бака, м.;

h – уровень раздела фаз вода-пар мм.

Датчик уровня согласно литературным источникам можно считать безынерционным звеном.

Далее смоделируем полученную систему в Simulink. Модель структурной схемы регулирования получается, как на рисунке 13.

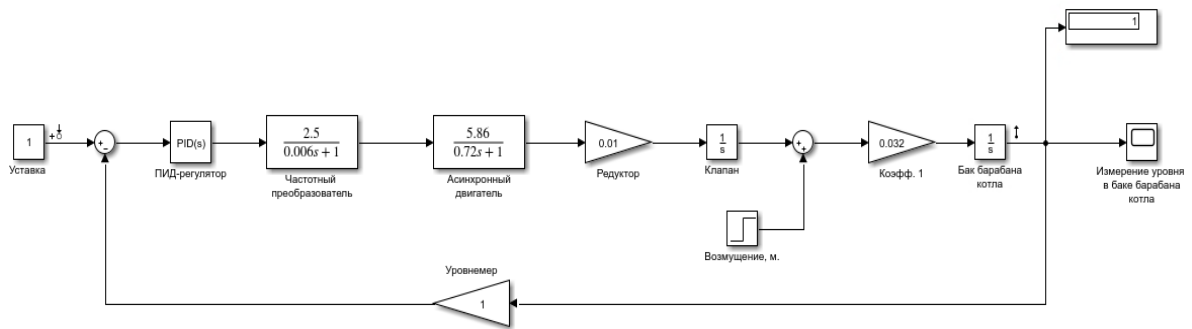


Рисунок 13 – Модель структурной схемы автоматического регулирования

С помощью средств MathLab по настройке ПИД-регулятора, настроим регулятор автоматически. Благодаря этой функции можно подобрать время переходного процесса и перерегулирование для заданной системы.

На рисунке 14 представлен переходный процесс изменения уровня на выходе системы управления.

В качестве задающего воздействия бал задан уровень 1,1 миллиметр. Методом автоматической настройки определены коэффициенты ПИД-регулятора.

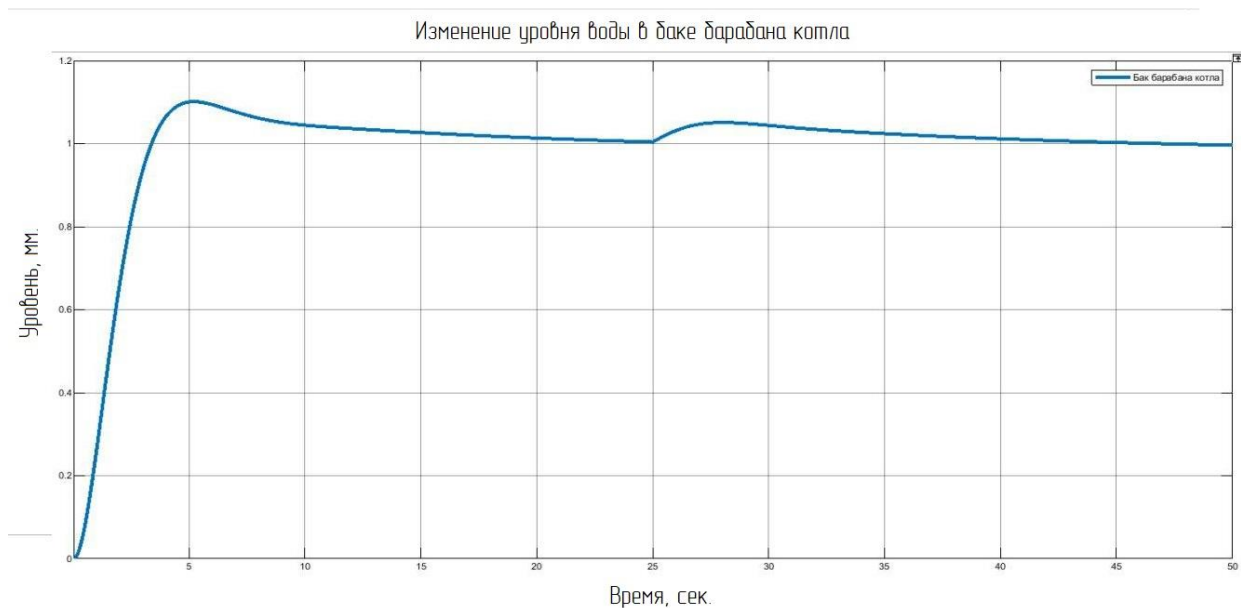


Рисунок 14 – График переходного процесса

Таким образом, время переходного процесса равно 23 секунды, а перерегулирование 8,10 %.

Необходимым является проверка разработанной системы на стабильную работу при возникновении возмущающих факторов. На 25 секунде измерения в систему вводится возмущающее воздействие в виде моментального повышения уровня воды на 0,1 мм, с которым система справляется за время равное 23 с.

Анализируя полученные результаты моделирования системы можно сделать вывод о том, что система выходит на заданное значение 1 мм. с незначительным перерегулированием, что говорит о работоспособности и устойчивости системы.

4.2 Разработка алгоритма программы

Разработка алгоритма программы выполняется на основании паспортных данных технологического процесса данного парового котла.

При запуске автоматического режима работы парового котла происходит проверка выставленных заранее уставок на технологических участках, а это: давление газа, уровень воды, разряжение, давление пара на входе, появление факела на запальнике. Затем происходит запуск вентилятора и дымососа на 60

секунд, это необходимо для продувки топки парового котла. После продувки топки обороты вентилятора и дымососа снижаются до заданной уставки, после чего происходит проверка разряжения. Также проверяется измерительными приборами уровень в баке барабана котла, если уровень низкий, открывается клапан подачи воды, в противном случае сигнал об аварии и остановка котла. После выравнивания уровня, проверка давления газа в газопроводе, если давление соответствует уставке, то запускается запальное устройство и проверяется горение с помощью фотодатчика. Следующим этапом является открытие газовой заслонки и выход на заданное значение вентилятора и дымососа, а затем включение рабочего режима котла.

В процессе работы проверяется уровень в баке и включается программный регулятор уровня воды. При несоблюдении одного из условий происходит предупреждение оператора о увеличении и уменьшении значений, а затем аварийный останов парового котла. Алгоритм работы парового котла представлен в приложении Д.

4.3 Разработка программного обеспечения контроллера

Контроллеры Siemens Simatic S7-315 работают с программным пакетом Simatic Step 7 и Step 7 TIA Portal [5]. Так как программный пакет Siemens TIA Portal V12 более функционален и новее выбираем его. TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal – полностью интегрированный портал автоматизации) – это интегрированная среда разработки программного обеспечения для систем автоматизации технологических процессов от уровня приводов и контроллеров до уровня человеко-машинного интерфейса. Это воплощение концепции интегрированной автоматизации и эволюционного развития семейства Simatic компании Siemens AG. Данный программный продукт поддерживает множественное количество языков программирования таких как: LAD (язык лестничных диаграмм), FBD (язык блочных диаграмм), SCL (структурированный язык управления), STL (стандартная библиотека

шаблонов) и GRAPH (графический язык последовательных шагов). На рисунке 15 изображён главный интерфейс программы и дерево проекта.

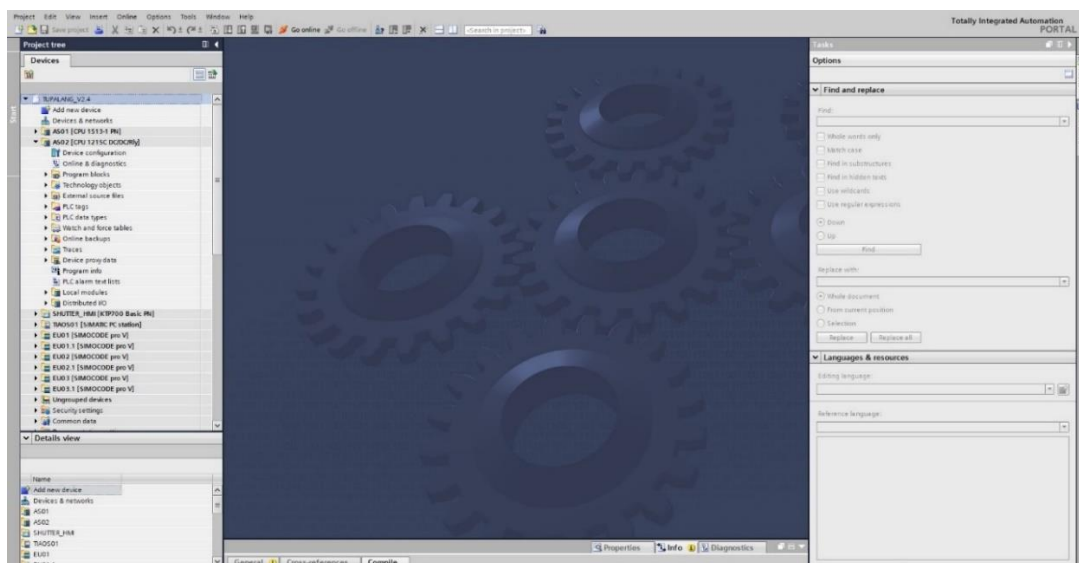


Рисунок 15 – Главный интерфейс и дерево проекта

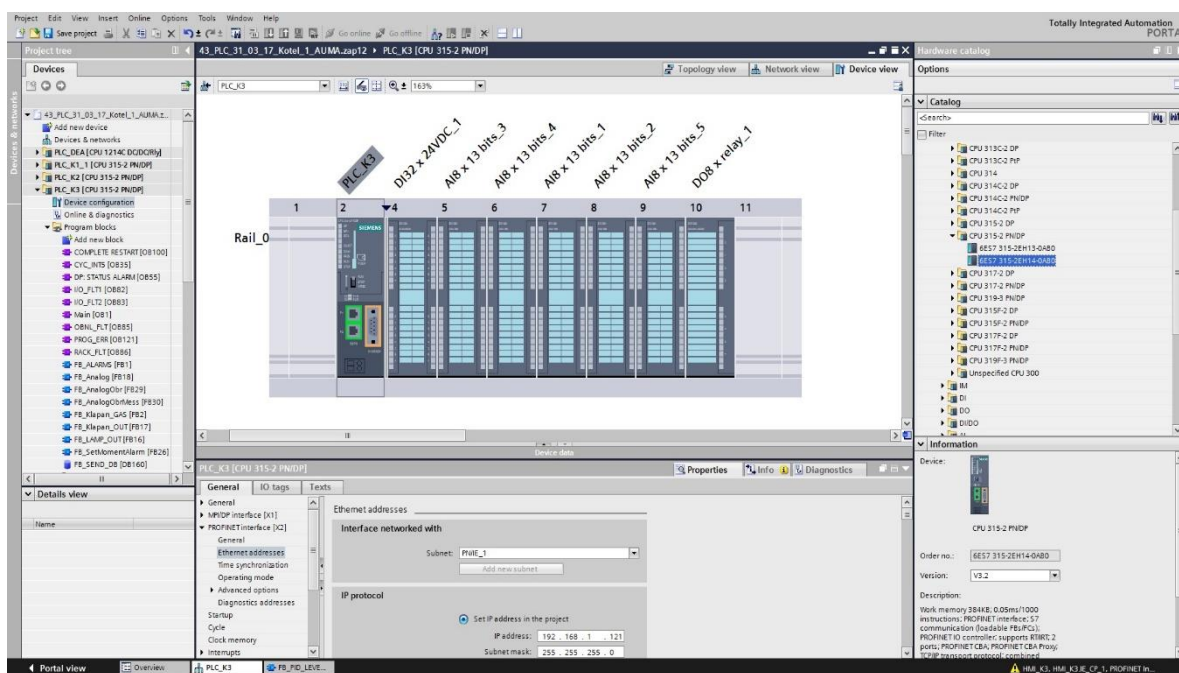


Рисунок 16 – Контроллер с модулями ввода-вывода

Также в нашем проекте необходима панель оператора для управления паровым котлом по месту со шкафа управления. Для данной задачи выбираем панель Siemens модели TP1200 Comfort. Это сенсорная панель диагональю 12 дюймов. Интерфейс связи Ethernetc 2 портами на борту для соединения с

контроллером. На рисунке 17 изображена сенсорная панель оператора TP1200 Comfort.



Рисунок 17 – Панель оператора TP1200 Comfort

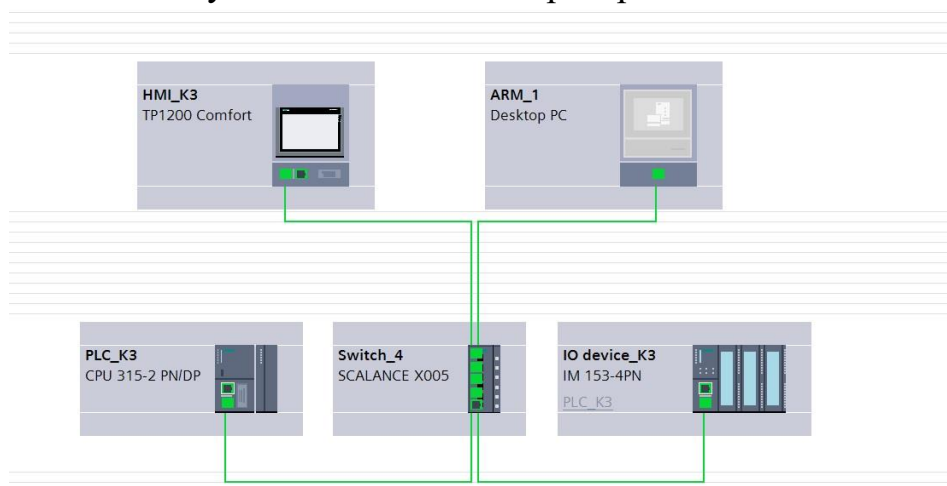


Рисунок 18 – Топология построения сетей в проекте

Для написания программы в первую очередь необходимо внести таблицу тегов (буквенно-цифровое имя) для обращения к данным (переменным) в памяти контроллера. Одними из основных компонентов программы контроллера являются блоки регуляторы, которые в последствии с выхода модуля выдают сигнал на регулирующие клапана и затворы. Для этого необходимо из библиотеки блоков вставить в наш проект аналоговый регулятор. И выглядит он как на рисунке 19.

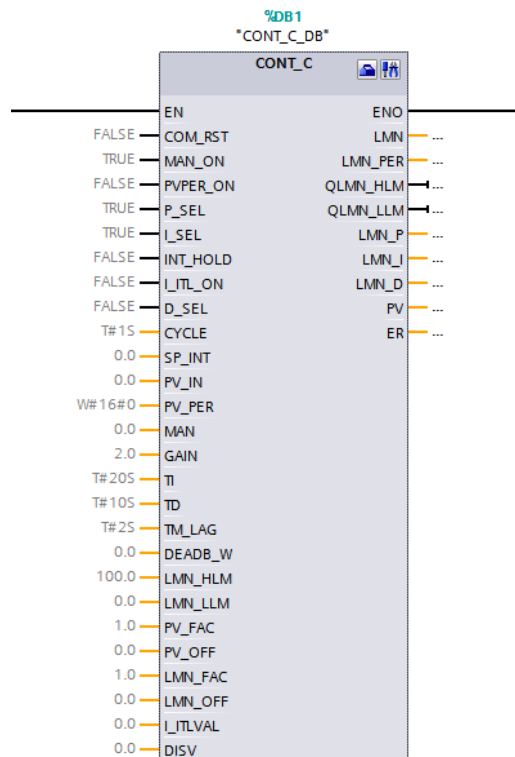


Рисунок 19 – Блок аналогового регулятора

Также для опроса датчиков используется блок шкалирования аналогового сигнала, он необходим для конвертирования целочисленных данных с датчика в реальное значение для глаз оператора. На рисунке 20 изображён блок шкалирования аналогового сигнала.

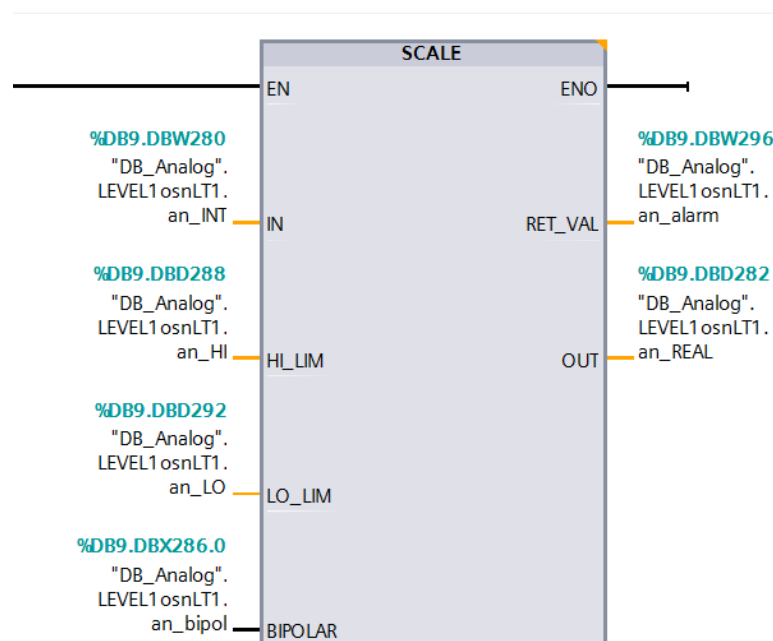


Рисунок 20 – Блок шкалирования аналогового сигнала

4.4 Разработка экранных форм для панели оператора

Для местного управления паровым котлом нужно создать визуализацию для панели оператора. Данная задача выполняется в программном продукте WinCC TIA Portal. В той же среде где и была создана программа контроллера, необходимо создать экраны для внесения необходимых нам форм, для этого необходимо воспользоваться панелью управления и навигацией. На рисунке 21 изображен главный экран, который в дальнейшем появиться на самой панели оператора.

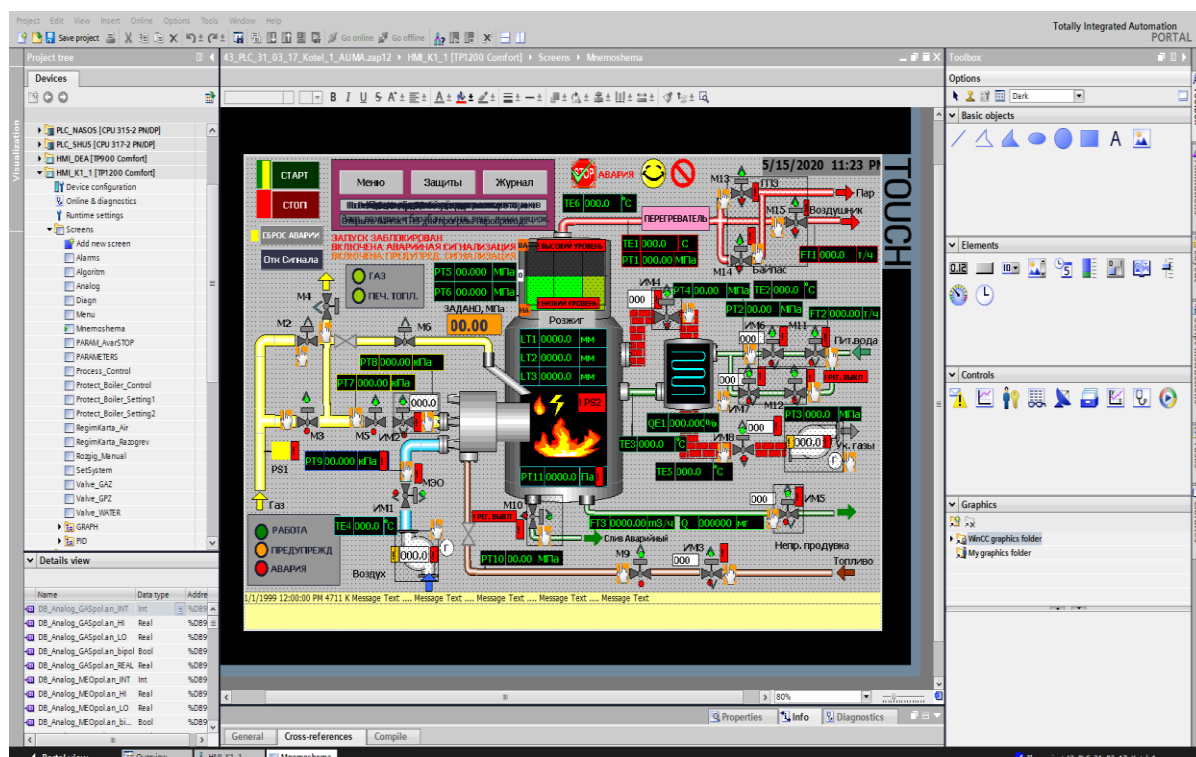


Рисунок 21 – Создание главного экрана визуализации

Остальные экраны также необходимо создать по данному алгоритму. На рисунке 22 изображён главный экран-мнемосхема панели оператора парового котла.

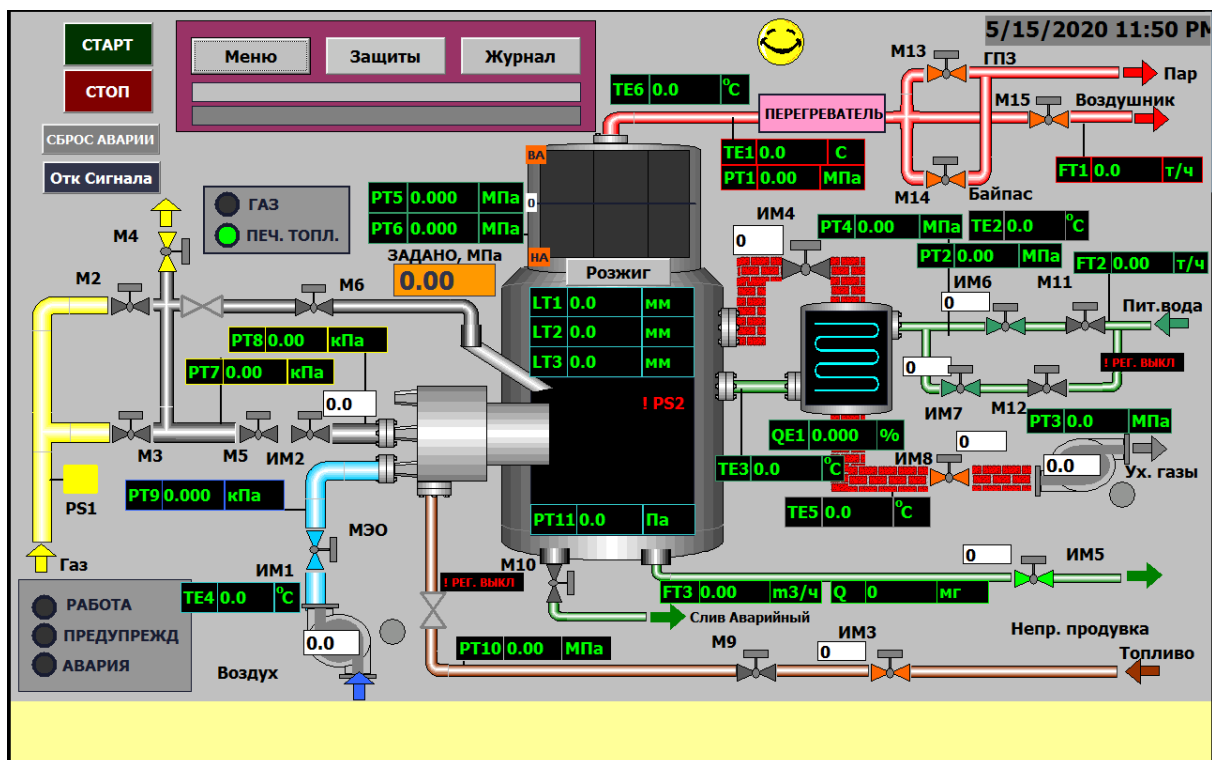


Рисунок 22 – Главный экран панели оператора

Также одним из основных параметров, это подача воды в бак барабана котла. Экранная форма отображения регулятора подачи воды изображён на рисунке 23.

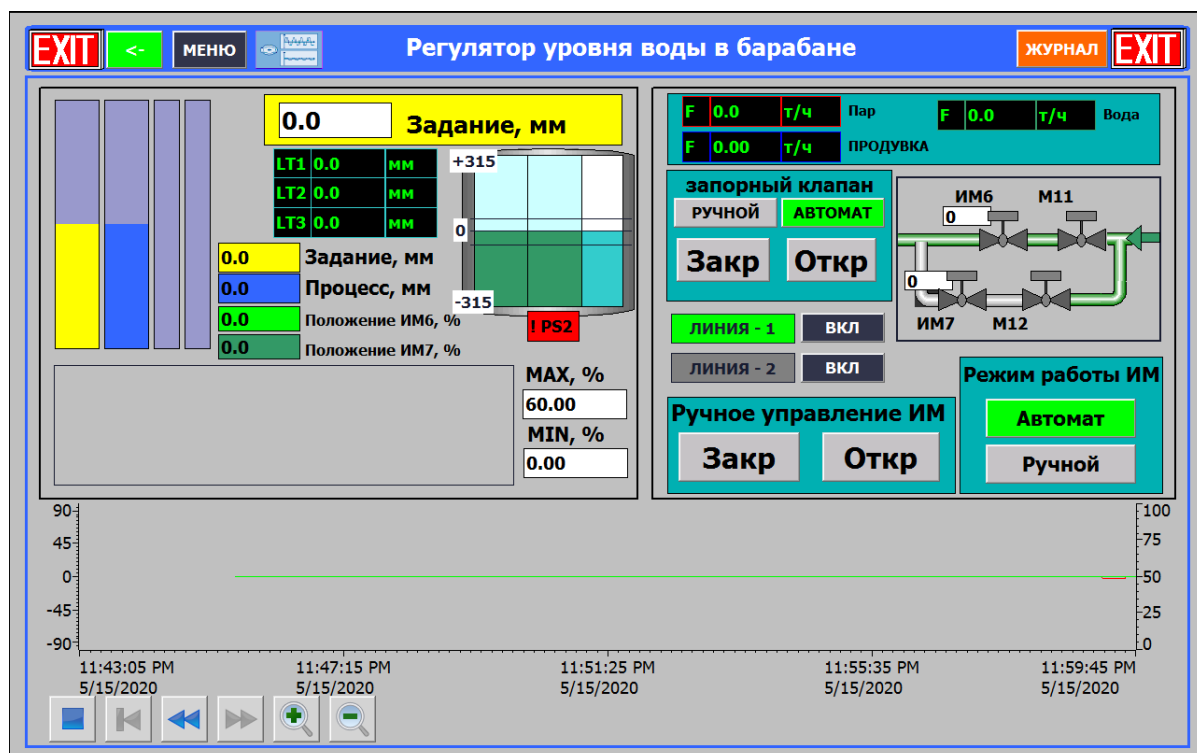


Рисунок 23 – Экранная форма регулятора подачи воды в барабан котла

Информация на экране панели оператора представляется в виде: изображений технологического процесса, числовых значений параметров, изображения аналоговых параметров в виде столбцов уровней жидкостей, графиков параметров, а также текстовых сообщений о событиях.

5 Планирование научно-исследовательских работ

5.1 Структура работ в рамках научного исследования

При разработке научно-технического проекта одним из важных этапов является его технико-экономическое обоснование. Оно позволяет выделить преимущества и недостатки разработки, внедрения и эксплуатации данного программного продукта в разрезе экономической эффективности, социальной значимости и других аспектах [27].

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель и исполнитель (инженер). Руководитель формулирует цель проекта, предъявляемые к нему требования, осуществляет контроль над его практической реализацией для соответствия требованиям и участвует в стадии разработки документации и рабочих чертежей. Исполнитель непосредственно осуществляет разработку проекта.

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика. Для его построения определим события и составим таблицу 9.

Таблица 9 – Перечень работ и распределение исполнителей

| Этапы работы | Исполнители | Загрузка исполнителей |
|---|-------------|-----------------------|
| Постановка целей и задач, получение исходных данных | НР | НР – 100% |
| Составление и утверждение ТЗ | НР, И | НР – 100% И – 10% |
| Подбор и изучение материалов по тематике | НР, И | НР – 30% И – 100% |
| Разработка календарного плана | НР, И | НР – 100% И – 10% |

Продолжение таблицы 9 – Перечень работ и распределение исполнителей

| | | |
|--------------------------------------|-------|-----------------------|
| Выбор оборудования | НР, И | НР – 30% И – 100% |
| Разработка структурной схемы | НР, И | НР – 100% ИП – 70% |
| Разработка функциональной схемы | НР, И | НР – 100% И – 80% |
| Оформление пояснительной записки | И | И – 100% |
| Выбор оборудования | И | И – 100% |
| Оформление графического материала | И | И – 100% |
| Подведение итогов | НР, И | НР – 60% И – 100% |

5.2 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ воспользуемся следующей формулой (12):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (12)$$

где t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет

продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях (T_{PD}) ведется по формуле (13):

$$T_{PD} = \frac{t_{ож}}{K_{BH}} \cdot K_D, \quad (13)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

K_{BH} – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возьмем $K_{BH} = 1$;

K_D – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, примем $K_D = 1,1$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле (14):

$$T_{KD} = T_{PD} \cdot T_K, \quad (14)$$

где T_{KD} – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (15):

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (15)$$

где T_K – коэффициент календарности;

$T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – выходные дни при пятидневной рабочей недели ($T_{ВД} = 104$) и при шестидневной рабочей недели ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

$$T_K = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48;$$

$$T_K = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22;$$


















Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляются до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 10, на основании которой строится календарный план-график (таблица 11).

Таблица 10 - Трудозатраты на выполнение проекта

| Этап | Исполнители | Продолжительность работ, дни | | | Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн. | | | |
|--|-------------|---------------------------------|------------------|-----------------|---|--------------|-----------------|--------------|
| | | | | | Т _{рд} | | Т _{кд} | |
| | | t _{min} | t _{max} | t _{ож} | НР | И | НР | И |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Постановка задачи | НР | 2 | 3 | 2,40 | 2,64 | 0,00 | 3,22 | 0,00 |
| Разработка и утверждение технического задания | НР, И | 2 | 3 | 2,40 | 2,64 | 0,26 | 3,22 | 0,39 |
| Подбор и изучение материалов по тематике | НР, И | 4 | 5 | 4,40 | 1,45 | 4,84 | 1,77 | 7,16 |
| Разработка календарного плана | НР, И | 3 | 4 | 3,40 | 3,74 | 0,37 | 4,56 | 0,55 |
| Обсуждение литературы | НР, И | 3 | 4 | 3,40 | 1,12 | 3,74 | 1,37 | 5,54 |
| Выбор оборудования | НР, И | 8 | 12 | 9,60 | 10,56 | 7,39 | 12,88 | 10,94 |
| Разработка структурной схемы | НР, И | 7 | 10 | 8,20 | 9,02 | 7,22 | 11,00 | 10,68 |
| Разработка функциональной схемы | И | 8 | 15 | 10,80 | 0,00 | 11,88 | 0,00 | 17,58 |
| Оформление пояснительной записки | И | 6 | 9 | 7,20 | 0,00 | 7,92 | 0,00 | 11,72 |
| Оформление графического материала | И | 7 | 10 | 8,20 | 0,00 | 9,02 | 0,00 | 13,35 |
| Подведение итогов | НР, И | 4 | 6 | 4,80 | 3,17 | 5,28 | 3,86 | 7,81 |
| Итого: | | | | 64,80 | 34,34 | 57,93 | 41,90 | 85,73 |

Таблица 11 - календарный план-график

| Этап | НР | И | Март | | | Апрель | | | Май | | | Июнь | |
|------|-------|-------|--|--|--|--|---|---|---|----|--|------|-----|
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| 1 | 3,22 | 0,00 |  | | | | | | | | | | |
| 2 | 3,22 | 0,39 |   | | | | | | | | | | |
| 3 | 1,77 | 7,16 | |   | | | | | | | | | |
| 4 | 4,56 | 0,55 | | |  | | | | | | | | |
| 5 | 1,37 | 5,54 | | |   | | | | | | | | |
| 6 | 12,88 | 10,94 | | |   | | | | | | | | |
| 7 | 11,00 | 10,68 | | | |   | | | | | | | |
| 8 | 0,00 | 17,58 | | | | |  | | | | | | |
| 9 | 0,00 | 11,72 | | | | | |  | | | | | |
| 10 | 0,00 | 13,35 | | | | | | |  | | | | |
| 11 | 3,86 | 7,81 | | | | | | | | |   | | |

НР –  ; И – 

На выполнение НИОКР для выпускной квалификационной работы было затрачено 92 рабочих дня. Был составлен календарный план-график проведения научного исследования, который включал в себя выполнение 11 этапов (видов работ), которые выполнялись в определённой последовательности. На каждом этапе руководитель и студент решали разносторонние задачи. Серым квадратом на графике показано, сколько времени был задействовано руководителем для выполнения работы, а черным цветом показано время, затраченное студентом (инженером). В процессе проведения работ возникали такие моменты, что для прохождения очередного этапа исследования и сокращения времени на выполнение НИОКР руководитель и студент параллельно решали поставленные перед ними задачи, что показано на графике серо-черными квадратами. Компетентность руководителя, наличие большой научно-технической базы, и образованность, целеустремлённость студента (инженера) позволили в назначенный срок выполнить работу и прийти к положительному результату.

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данный элемент включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и при необходимости – доставку.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (16):

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расхи}} , \quad (16)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расхи}}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортно-заготовительные расходы примем 5% от стоимости материалов.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 12.

Таблица 12 – Материальные затраты

| Наименование | Ед. изм. | Количество | Цена за ед. в руб | Затраты на материалы |
|-------------------------------------|----------|------------|-------------------|----------------------|
| Контроллер SIMATIC S7-315 2PN/DP | шт. | 1 | 80 700 | 80 700 |
| Siemens IM 153-4 PN | шт. | 1 | 15 200 | 15 200 |
| Siemens модуль DI 32x24VDC | шт. | 4 | 12 300 | 49 200 |
| Siemens модуль DQ 8x220 AC/0.5A | шт. | 4 | 19 600 | 78 400 |
| Siemens AI 8x13 | шт. | 5 | 16 100 | 80 500 |
| Siemens AQ 8x12 | шт. | 1 | 12 200 | 12 200 |
| Scalance X005 | шт. | 1 | 8500 | 8500 |
| Метран 150CD | шт. | 3 | 25 000 | 75 000 |
| Метран-226 | шт. | 6 | 7500 | 45 000 |
| Метран-75G4 | шт. | 10 | 34 000 | 340 000 |
| Метран-300ПР | шт. | 3 | 35 000 | 105 000 |
| ФД-05ГМ | шт. | 1 | 6700 | 6700 |
| AUMA SAR 07.2 | шт. | 8 | 320 000 | 2 560 000 |
| TP1200 Comfort | шт. | 1 | 80 200 | 80 200 |

Продолжение таблицы 12 – Материальные затраты.

| Наименование | Ед. изм. | Количество | Цена за ед. в руб | Затраты на материалы |
|-------------------------------------|----------|------------|----------------------|-------------------------|
| Шкаф управления | шт. | 1 | 61 800 | 61 800 |
| Итого мат.затрат | | | | 3 598 400,00 |
| Транспортно-заготовительные расходы | % | 5 | | 179 200,00 |
| Всего | | | | 3 777 600,00 |

5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы Siemens. В таблице 13 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ. Примем процент использования специализированного программного обеспечения равным 20% от стоимости, так как программное обеспечение будет применяться для работ с другими проектами.

Таблица 13 – Расчет бюджета затрат на приобретение ПО

| Наименование | Ед. изм. | Количество | Цена за ед. в руб | Затраты на материалы, руб. |
|--|----------|------------|-------------------|----------------------------|
| Лицензионное ПО Siemens Step 7 professional TIA Portal V12 | шт. | 1 | 48 545,00 | 48 545,00 |
| Лицензионное ПО Siemens WinCC Comfort Panel 4096 тэгов | шт. | 1 | 64 209,00 | 64 209,00 |
| Процент использования ПО | % | 20 | | 22 550,00 |
| Итого: | | | | 135 304,00 |

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включаются основная заработная плата научного и инженерно-технического работника, непосредственно участвующих в выполнении работ. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 50 % оклада.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) вычисляется по формуле (17):

$$ЗП_{\text{дн}} = \frac{МО}{F_{\text{д}}}, \quad (17)$$

где МО – величина месячного оклада работника, руб.:

$F_{\text{д}}$ – количество в среднем рабочих дней равно:

- при пятидневной рабочей неделе: $F_{\text{д}} = \frac{248}{12} = 20,6$ дн;
- при шестидневной рабочей неделе: $F_{\text{д}} = \frac{300}{12} = 25$ дн;

Определим интегральный коэффициент:

- для пятидневной рабочей недели: $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,113 * 1,3 = 1,62$;
- для шестидневной рабочей недели: $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$.

Таблица 14 – Затраты на заработную плату

| Исполнитель | Оклад, руб./мес. | Среднедневная ставка, руб./раб. день | Затраты времени, раб. дни | Коэффициент | Фонд з/платы, руб. |
|-------------|---------------------|--|---------------------------------|-------------|--------------------------|
| НР | 58 425,00 | 2337,00 | 34 | 1,699 | 134 999,14 |
| И | 42 744,00 | 2074,95 | 58 | 1,62 | 194 962,30 |
| Итого: | | | | | 329 961,44 |

5.3.4 Расчет затрат на единый социальный налог

Отчисления на единый социальный налог (ЕСН) – это обязательные отчисления по установленным законодательством Республики Узбекистан нормам органов государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина на единый социальный налог определяется исходя из следующей формулы (18):

$$C_{\text{соц.}} = k_{\text{соц.}} \cdot C_{\text{зп.}}, \quad (18)$$

где $k_{\text{соц.}}$ – коэффициент отчислений на уплату ЕСН, который составляет 30% от полной заработной платы.

Таблица 15 – Отчисления ЕСН

| | |
|-----------------------------|------------------|
| Затраты на заработную плату | 329 961,442 руб. |
| Коэффициент отчислений ЕСН | 0.30 |
| Итого: | 98 988,43 руб. |

5.3.5 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле (19):

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об.}} \cdot t_{\text{об.}} \cdot Ц_{\text{э}}, \quad (19)$$

где $P_{\text{об.}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час (тариф для предприятий 2 руб./кВт·час (с НДС));

$t_{\text{об.}}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования определяется исходя из следующей формулы (20):

$$t_{об.} = T_{рД} \cdot K_t, \quad (20)$$

где $T_{рД}$ – берем из таблицы 10 для инженера ($T_{рД} = 58$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов, получим $T_{рД} = 464ч.$; $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{рД}$, возьмем равным 0,8.

Таблица 16 – Затраты на электроэнергию

| Наименование оборудования | Время работы оборудования $t_{об.}$, час | Потребляемая мощность $P_{об.}$, кВт | Затраты $\mathcal{E}_{об.}$, руб. |
|---------------------------|---|---------------------------------------|------------------------------------|
| Персональный компьютер | 464*0,8 | 0,8 | 593,92 |
| Струйный принтер | 8 | 0,1 | 1,6 |
| Итого: | | | 595,52 |

5.3.6 Расчет амортизационных расходов

В данной статье рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Величина амортизации определяется исходя из следующей формулы (21):

$$C_{ам} = \frac{H_A \cdot Ц_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (21)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования; исходя из рамочных значений сроков амортизации (полезного использования) для ПК 2 ÷ 3 года, возьмем $CA=2,5$ года и определим H_A как величину обратную CA , для ПК $1/2,5 = 0,4$ и принтера $H_A = 0,5$;

$Ц_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

t_{pf} – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для ПК (248 рабочих дней при пятидневной рабочей неделе) можно принять $F_d = 248 \cdot 8 = 1984$ часа. Для принтера возьмем $F_d = 500$.

Рассчитаем амортизационные расходы для ПК стоимостью 80 200 руб., время использования 464 часов:

$$C_{AM_{ПК}} = \frac{0,4 \cdot 80\,200 \cdot 464 \cdot 1}{1984} = 7\,502,58 \text{ руб.}$$

Рассчитаем амортизационные расходы для принтера стоимостью 12000 руб., его $F_d = 500$ час.; $t_{pf} = 72$ час.

$$C_{AM_{ПК}} = \frac{0,5 \cdot 12\,000 \cdot 8 \cdot 1}{500} = 96 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации:

$$C_{AM} = C_{AM_{ПК}} + C_{AM_{ПР}} = 7\,598,58 \text{ руб.}$$

5.3.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях. Их величина определяется по следующей формуле (22):

$$C_{\text{проч.}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (22)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента прочих расходов примем в размере 10%.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1$$

$$C_{\text{проч.}} = (3\,912\,904,00 + 329\,961,44 + 98\,988,43 + 595,52 + 7\,598,58) \cdot 0,1 = 435\,004,79 \text{ руб.}$$

5.3.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Смета затрат на разработку проекта

| Статья затрат | Условное обозначение | Сумма, руб. |
|-------------------------------|----------------------|--------------|
| Материалы и спец.оборудование | $C_{\text{мат}}$ | 3 912 904,00 |
| Основная заработная плата | $C_{\text{зп}}$ | 329 961,44 |
| Отчисления в социальные фонды | $C_{\text{соц}}$ | 98 988,43 |
| Расходы на электроэнергию | $C_{\text{эл.}}$ | 595,52 |
| Амортизационные отчисления | $C_{\text{ам}}$ | 7 598,58 |
| Прочие расходы | $C_{\text{проч}}$ | 435 004,79 |
| Итого: | | 4 785 052,76 |

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не можем раскрывать точные данные приема прибыли в размере 20% от расходов на разработку проекта. В нашем случае это 957 010,55 руб.

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(4\,785\,052,76 + 957\,010,55) \cdot 0,2 = 1\,148\,412,66$ руб.

Цена разработки НИР равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР}} = 4\,785\,052,76 + 957\,010,55 + 1\,148\,412,66 = 6\,890\,475,97 \text{ руб.}$$

5.4 Оценка экономической эффективности проекта

Провести оценку экономической эффективности проекта в данный момент не представляется возможным, так как информация об объекте автоматизации засекречена и находится под государственной защитой. Однако, практическая значимость данного проекта заключается в применении материалов работы компаниями, ориентированными на металлургический сектор.

Модернизация автоматизированной системы управления паровым котлом позволит добиться экономического эффекта за счет снижения затрат предприятия на содержание и эксплуатацию оборудования. Оптимизация производства посредством автоматизации внутренних процессов, не требует существенных расходов на смену технологий и оборудования, но при этом повышает производительность всех процессов, которые участвуют в производстве. При оптимизации автоматизацией происходит снижение объема трудозатрат за счет сокращения персонала или перевода его на новый фронт работы. Оптимизация посредством автоматизации (производства) считается самым недорогим способом оптимизации затрат и, следовательно, роста прибыли. Данный проект повысит надежность и безопасность производства, что положительно скажется на экономической составляющей, так как различного рода нештатные ситуации приводят к материальным затратам.

6 Социальная ответственность

В данной работе объектом исследования является котельная действующего сахарного завода ООО «Ангрен Шакар» находящегося на территории города Ангрена, Ташкентской области Республики Узбекистан.

Средняя температура в зимний и летний периоды составляет: - 10 градусов по Цельсию в зимнее время и + 40 градусов по Цельсию в летнее время.

К видам риска автоматизированной системы управления парового котла относятся: пожар на объекте, запуск котла, обеспечение равенства между производимой и потребляемой энергией, поддержание безопасного режима горения, износ обмуровки котла, перебои напряжения на дымососе и вентиляторе, взрыв.

Целью данной работы является разработка эффективной автоматизированной системы управления технологическим процессом парового котла. Конечным пользователем разрабатываемой АСУТП установки будут операторы технологической установки (ТУ).

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Ведение сменной работы в организации должно быть предусмотрено коллективным договором или правилами внутреннего трудового распорядка [10]. Любой из упомянутых документов при этом должен содержать указания на

принятую в организации продолжительность рабочей недели (без выходных, пятидневная с двумя выходными днями, шестидневная с одним выходным днем, рабочая неделя с предоставлением выходных дней по скользящему графику), продолжительность ежедневной работы (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, число смен в сутки (две, три, четыре), чередование рабочих и нерабочих дней [10].

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При размещении рабочих мест с ЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м. Рабочие места с ЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом [11]. Рабочие места с ЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 – 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 – 0,7. Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности

работы с ЭВМ. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию. Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений [19].

6.2 Производственная безопасность

6.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Любая производственная работа связана с воздействием на работающего вредными и опасными производственными факторами. Под условиями труда подразумевается совокупность факторов производственной среды, оказывающие влияние на здоровье и производительность [15]. Элементы условий труда, выступающих в роль опасных и вредных производственных факторов, можно разделить на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические. Перечень опасных и вредных факторов, действующих на оператора ТУ приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Опасные и вредные факторы при работе оператором ТУ

| Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) | Этап | | Нормативные документы |
|--|----------------|--------------|---------------------------|
| | Проектирование | Эксплуатация | |
| 1 Отклонения показателей микроклимата. | + | + | СанПиН № 0203-06 [13]. |
| 2 Повышенный уровень шума на рабочем месте. | | + | СанПиН № 0120-01 [14]. |

Продолжение таблицы 18 – Опасные и вредные факторы при работе оператором ТУ

| Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) | Этап | | Нормативные документы |
|--|----------------|--------------|---|
| | Проектирование | Эксплуатация | |
| 3 Недостаточная освещенность рабочего места. | + | + | СанПиН РУз № 0269-09 [15]. КМК 2.01.05-98 [16]. СНиП 3.05.06-85 [17]. Закон Республики Узбекистан от 31.08.2000 г. N 123-II [18]. Приложение КМ РУз от 21.01.2014 г. N 14 [19]. СанПиН №0326-16 [20] |
| 4 Поражение электрическим током. | + | + | |
| 5 Нервно-психические перегрузки. | + | + | |
| 6 Вибрация | | + | |
| 7 Физические перегрузки: статистические динамические | + | + | |
| 8 Электрический ток | + | + | |
| 9 Пожароопасность | + | + | |

6.2.2 Вредные факторы

Искусственное освещение: освещение в производственных помещениях должно быть естественное и искусственное. Уровни освещенности рабочих поверхностей должны соответствовать нормативным величинам КМК 2.01.05-98 «Естественное и искусственное освещение» [16]. Нормируемые уровни освещенности устанавливаются с учетом величины объекта различения, контраста, характеристики фона, вида источников и системы освещения.

Искусственное освещение должно быть в виде комбинированной или общей системы с использованием для общего освещения люминесцентных ламп, оснащенных осветительной арматурой, преимущественно отраженного или рассеянного свето-распределения. Они не должны создавать слепящих бликов на рабочих поверхностях. Светильники местного освещения должны иметь возможность изменения ориентации в разных направлениях, иметь

осветительную арматуру, обеспечивающую защиту от отраженной блескости и попадания в глаза прямого светового потока.

С учетом различных сочетаний при искусственном освещении при системе комбинированного освещения нормируемые уровни освещенности должны быть равны 400 — 2000 лк; при системе общего освещения — 200 — 500 лк. При рядном размещении рабочих столов не допускается расположение экранов дисплеев навстречу друг другу из-за взаимного отражения светового потока, либо необходимо устанавливать между столами перегородки. С целью исключения зеркального отражения в экране дисплея от пользователей им не рекомендуется работа в светлой одежде.

В помещениях должно быть предусмотрено аварийное освещение для продолжения работы, эвакуационных или других целей. Аварийное освещение для продолжения работы следует устраивать в тех помещениях, в которых недопустимо прекращение работы в случаях отключения рабочего освещения.

Вибрация: санитарные нормы распространяются на вибрацию рабочих мест, воздействующую через опорные поверхности на тело и руки сидящего или стоящего человека при управлении производственным оборудованием.

Воздействие вибрации на человека-оператора классифицируется:

- по способу передачи вибрации на человека;
- по направлению действия вибрации;
- по временной характеристике вибрации.

Коллективные средства защиты от вибрации связаны в основном, с динамическим уравниванием, изменением частоты колебаний оборудования для предотвращения от резонансных явлений и виброизоляции [20].

В качестве индивидуальных средств защиты рекомендуются: виброзащитная обувь, виброзащитные рукавицы, которые выбираются в зависимости от частоты и уровня воздействующей вибрации. Эффективным методом является разработка режимов труда и отдыха, работающих с виброопасным оборудованием.

Производственный шум: при выполнении работ на ЭВМ уровни шума не должны превышать значений, установленных для данных видов работ [14].

Уровень звука для операторов ЭВМ, инженеров-программистов не должен превышать 50 дБА. Оборудование, работа которого создает шум, превышающий этот уровень, должно быть вынесено за пределы помещения. В помещениях для инженерно-технических работников, осуществляющих лабораторный или измерительный контроль, наладку, ремонт, уровень звука не должен превышать 60 дБА.

Человеческий организм по-разному реагирует на шум разного уровня. Шумы уровня (70 – 90) дБ при длительном воздействии приводят к заболеванию нервной системы, а более 100 дБ - к снижению слуха, вплоть до глухоты. Шум создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. Шум способен увеличивать содержание в крови таких гормонов стресса, как кортизол, адреналин и норадреналин - даже во время сна [18]. Чем дольше эти гормоны присутствуют в кровеносной системе, тем выше вероятность, что они приведут к опасным для жизни физиологическим проблемам.

Если нормы шума на рабочем месте колеблются в радиусе (80 – 85) дБА, руководство должно действовать на снижение всех рисков. Это следующие меры:

- подбор оборудования с меньшими шумовыми эффектами;
- информирование и обучение персонала работе с меньшим шумом от оборудования;
- использование всех технических средств – защитных экранов, кожухов, звукопоглощающих покрытий, изоляции, амортизации;
- ограничение длительности и напряжённости воздействия до приемлемого уровня;
- производственный контроль вибрации и акустики;

- ограничение доступа в рабочие зоны с шумом от 80 дБА тех, кто не связан с основным технологическим процессом;
- обязательное предоставление СИЗ для ушей;
- ежегодное проведение медосмотров тех, кто работает при шуме от 80 дБ.

Повышенная температура и влажность: в производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины микроклимата не представляется возможным установить из-за технологических требований к производственному процессу, технологической недостижимости их обеспечения или экономически обоснованной нецелесообразности, должны быть предусмотрены мероприятия по защите работающих от возможного перегрева и охлаждения: системы местного кондиционирования воздуха, помещения для отдыха и обогрева, спецодежда для защиты от повышенной или пониженной температуры, средства индивидуальной защиты, регламентации времени работы и отдыха и др. В целях профилактики тепловых травм температура ограждающих поверхностей не должна превышать 45°C [13].

Показатели, характеризующие метеорологические условия в закрытых производственных помещениях (микроклимат), являются:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону производственных помещений без разграничения рабочих мест на постоянные и непостоянные. Допустимые показатели устанавливаются на постоянных и непостоянных рабочих местах рабочей зоны. Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать величинам, указанным в таблице 1.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям производства, техническим и экономическим причинам еще не представляется возможным обеспечить оптимальные нормы.

В кабинах, пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники, а также в других помещениях при выполнении работ операторского типа, связанных с нервно - эмоциональным напряжением, должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха 22 – 24 °С, при относительной влажности 60 – 40 % и скорости движения не более 0,1 м/сек.

Напряженность трудового процесса, оценивают в соответствии с настоящими «Гигиеническими критериями оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса».

Оценка напряженности труда профессиональной группы работников основана на анализе трудовой деятельности и ее структуры, которые изучаются путем хронометражных наблюдений в динамике всего рабочего дня, в течение не менее одной недели. Анализ основан на учете всего комплекса производственных факторов (стимулов, раздражителей), создающих предпосылки для возникновения неблагоприятных нервно - эмоциональных состояний (перенапряжения). Все факторы (показатели) трудового процесса имеют качественную или количественную выраженность и сгруппированы по видам нагрузок: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные, монотонные, режимные нагрузки.

К мерам по предотвращению напряжённости трудового процесса относятся:

- внедрение профилактических мероприятий, способствующих снижению монотонности работы (уровень освещённости, сокращение шума, и т.п.);
- разработка рациональных режимов труда и отдыха (физическая культура и др.);

- автоматизация производственных процессов;
- снижение норм выработки

Физические перегрузки подразделяются на статические и динамические.

Статические перегрузки вызываются длительным пребыванием человека в вынужденной рабочей позе или длительным статическим напряжениям отдельных групп мышц при выполнении работ. Например:

- сидя или стоя с наклоненной головой (шейный и плечевой пояс);
- сидя или стоя с наклоненным туловищем (пояснично-крестцовый отдел);
- лежа (шейно-плечевая область);
- на коленках (коленные суставы);
- на корточках (коленные и голеностопные суставы, сдавливание нервов);
- с упором на локоть (давление на локтевой сустав);
- кистевой хват (давление на ладонную поверхность кисти);
- жим на рукоятку инструмента (давление в области запястья, лучезапястного и локтевого сустава);
- удержание изделия на весу (нагрузки на лучезапястные и локтевые суставы, сгибатели кисти и предплечья).

Динамические перегрузки вызываются большим количеством стереотипных движений за короткий промежуток времени. Например:

- динамические напряжения пальцев рук;
- динамические напряжения лучезапястных суставов;
- динамические напряжения локтевого сустава и предплечья;
- динамические напряжения на шейную область (частые наклоны и повороты головы);
- динамические напряжения на пояснично-крестцовую область (частые наклоны туловища).

6.2.3 Опасные факторы

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000 В). С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности [21]. В соответствии с правилами электробезопасности в служебном помещении должен осуществляться постоянный контроль состояния электропроводки, предохранительных щитов, шнуров, с помощью которых включаются в электросеть компьютеры, осветительные приборы, другие электроприборы [17].

Основная защита должна состоять из одной или нескольких мер предосторожности, которые при нормальных условиях исключают контакт с опасными частями, находящимися под напряжением.

Обычно считают, что краски, лаки и аналогичные средства не обеспечивают надлежащую изоляцию для защиты от поражения электрическим током в нормальных условиях эксплуатации.

Конструкция электроустановок должна быть такой, чтобы ограничить доступ в опасные зоны. Для квалифицированных и обученных лиц должна быть принята во внимание потребность в оперативном доступе и доступе для технического обслуживания [24]. Если безопасные расстояния не могут быть достигнуты, то должны быть установлены постоянные защитные средства. Технические комитеты должны установить значения для:

- расстояний до ограждений;
- расстояний до барьеров;
- внешних заборов и дверей доступа;
- минимальной высоты и расстояния от областей доступа;
- расстояний до зданий.

Предупредительные надписи должны быть отчетливо нанесены на всех дверях для доступа, заборах, ограждениях, промежуточных и анкерных опорах воздушных линий электропередачи и т.д.

Пожароопасность: эти два опасных фактора являются самыми важными на производстве, источником их возникновения являются газовые горелки и прочие источники возгорания. Пожар и взрыв это неконтролируемые процессы причиняющие опасный вред для жизни человека [22].

Для понижения ЧС организация труда должна обеспечивать:

- СИЗ;
- автоматические устройства пожаротушения [25];
- автоматический контроль и регулирование за показателями взрывоопасности;
- все виды инструктажей для работников и руководителей [12].

6.3 Экологическая безопасность

6.3.1 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

В качестве топлива применяется газ. Газообразное топливо представляет собой наиболее «чистое» органическое топливо, так как при его полном сгорании из токсичных веществ образуются только оксиды азота. При неполном сгорании в выбросах присутствует оксид углерода (CO).

В составе загрязняющих веществ, характерных для объектов газовой промышленности, обычно выделяют сероводород H_2S . Природные газы могут быть бессернистыми или содержать значительные количества сероводорода. Добыча и переработка сероводородсодержащих газов, токсичность и летучесть компонентов которых выше, чем у нефти, сопровождается выделением больших количеств H_2S в атмосферу и является более опасной по загрязнению воздуха и других экологических объектов по сравнению с природным газом, свободным от сероводорода. В процессе переработки газов, содержащих H_2S , происходит разрушение и износ оборудования, в результате чего выделяются в окружающую среду в опасных объемах сероводород и сопутствующие ему токсичные сернистые, азотные и другие соединения [26].

6.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Требования к степени очистки зависят от назначения газа. При очистке газа, выбрасываемого в атмосферу, содержание сероводорода должно соответствовать ПДК. При очистке технологических газов содержание сероводорода регламентируется требованиями процессов дальнейшей переработки. Сероводород, выделяемый при очистке, перерабатывают в элементарную серу или серную кислоту. Методы очистки от сероводорода можно разделить на две основные группы: сорбционные методы и методы каталитического окисления. Наибольшее распространение получил метод хемосорбции, обеспечивающий степень очистки до 99,9 %.

Загрязнение воздушного бассейна объектами теплоэлектроэнергетики связано в основном с выбросами дымовых газов, образующихся при сжигании органического топлива в котлах электростанций. В связи с этим для снижения вредного воздействия энергетики на воздушный бассейн может быть использовано как минимум три пути:

- уменьшение количества и улучшение качества органического топлива, сжигаемого для производства электроэнергии и теплоты;
- подавление образования и улавливание вредных компонентов дымовых газов и сокращение благодаря этому выброса электростанциями вредных веществ в атмосферу;
- уменьшение концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы в результате рассеивания вредных выбросов высокими трубами электростанций, более рационального их размещения, усиления контроля за выбросами и экологическое управление режимами энергетических предприятий с использованием экологически чистых топлив.

Снижение объема вредных выбросов в атмосферу в первую очередь может быть обеспечено за счет сокращения количества и улучшения качества сжигаемого топлива.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей. Ответственность за соблюдения необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия. Руководители предприятия обязаны обеспечить полное своевременное выполнение правил пожарной безопасности и противопожарных требования строительных норм при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов; организовать на предприятии пожарную охрану, добровольную пожарную дружину и пожарно-техническую комиссию и руководить ими.

Участок относится к категории «В».

Поэтому устанавливается в помещении РУ-0,4 кВ пожарный инвентарь в который входит [29]:

- ручные углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5;
- ящик с песком 3м³, 1шт;
- асбест 2 х 1,5м1шт;
- ведро 2 шт;
- лопата 2шт;

Основные требования пожарной безопасности. Все работники предприятия должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа. Система противопожарных инструктажей включает в себя следующие виды инструктажей:

- вводный противопожарный инструктаж;
- первичный противопожарный инструктаж на рабочем месте;

- периодический (повторный) противопожарный инструктаж;
- внеплановый противопожарный инструктаж;
- целевой противопожарный инструктаж.

Оператор должен:

- проходить противопожарный инструктаж в соответствии с установленными сроками;
- обеспечивать соблюдение на вверенных им объектах и оборудовании правил пожарной безопасности;
- следить за исправностью приборов отопления, вентиляции, электроустановок, технологического оборудования, закреплённого за ними, принимать меры к устранению обнаруженных неисправностей, могущих привести к пожару;
- следить за исправностью и наличием средств пожаротушения.

Каждый работник обязан четко знать и строго соблюдать установленные правила пожарной безопасности, не допускать действий, могущих привести к пожару, или бездействий при обнаружении пожара.

Основные требования пожарной безопасности.

- Ко всем зданиям, сооружениям, должен быть обеспечен свободный доступ. Дороги на горизонтах должны обеспечивать проезд пожарных машин.
- Переносные светильники должны быть оборудованы защитными стеклянными колпаками и сетками. Для этих светильников и другой переносной электроаппаратуры надлежит применять гибкие кабели и провода с медными жилами, специально предназначенные для этой цели с учетом возможных механических воздействий.
- Все электроустановки должны быть защищены аппаратами защиты от токов короткого замыкания и других ненормальных режимов, могущих привести к пожарам и возгораниям.

Порядок действий при ликвидации пожаров. Каждый рабочий или служащий, обнаруживший пожар, обязан:

- Немедленно вызвать по телефону в комбинатскую или городскую пожарную команду;
- Приступить к тушению очага пожара имеющимися на рабочем месте средствами пожаротушения;
- Принять меры по вывозу к месту пожара начальника или другого должностного лица.

Меры пожарной безопасности в зданиях и помещениях.

Все производственные, служебные, складские и вспомогательные здания и помещения должны постоянно содержаться в чистоте. Производственные помещения и оборудование в них необходимо периодически очищать от пыли и отходов.

Проходы, выходы, коридоры, тамбуры, лестницы не разрешается загромождать различными предметами и оборудованием. Все двери эвакуационных выходов должны свободно открываться в направлении выхода из здания. На случай возникновения пожара должна быть обеспечена возможность безопасной эвакуации людей, находящихся в производственном здании.

На лестничных клетках зданий запрещается устраивать рабочие, складские и иного назначения помещения, устанавливать оборудование, препятствующее передвижению людей. Под маршами лестничных клеток первого цокольного или подвального этажей допускается размещение только узлов управления центрального отопления и водомерных узлов. В подвальных помещениях и цокольных этажах производственных и административных зданий запрещается применение и хранение взрывчатых веществ, баллонов с газом под давлением, пластмасс, полимерных и др. материалов, имеющих повышенную пожарную опасность.

Не разрешается использовать чердачные помещения в производственных целях или для хранения материальных ценностей. Чердачные помещения должны быть постоянно закрыты на замок. Ключи от замков чердачных помещений должны храниться в определенном месте, доступном для получения

их в любое время суток. Деревянные конструкции чердачных помещений должны быть обработаны огнезащитным составом. Эта обработка должна периодически повторяться.

В производственных и административных зданиях предприятия запрещается:

- устанавливать на путях эвакуации производственное оборудование, мебель и пр.

- пользоваться в служебных помещениях и кабинетах различного рода электронагревательными приборами (кипятильниками, электрочайниками, утюгами, электроплитами, электрокаминами и пр.). Приготовление кипятка, подогрев пищи допускаются только в специально оборудованном для этих целей помещении.

- оставлять после окончания работы топящиеся печи, включенные в электросеть нагревательные приборы (электроплитки, чайники, камины и др.);

- курить и пользоваться открытым огнём в подвалах, чердачных помещениях и в местах хранения горючих материалов запрещается. Курение допускается в специально отведенных (по согласованию с пожарной охраной) местах, оборудованных урнами для окурков и емкостями с водой. В этих местах должны быть вывешена надпись: «Место для курения».

Выводы по разделу социальная ответственность

В этой работе были рассмотрены опасные и вредные производственные факторы:

Вредные факторы: искусственное освещение, вибрация, производственный шум, повышенная температура.

Опасные факторы: электрический ток, пожароопасность, взрывоопасность.

На основе этого были предложены мероприятия по снижению:

1. Внедрение технических устройств, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током.

2. Организация в установленном порядке обучения, инструктажа, проверки знаний по охране труда работников.

3. Обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов.

А также был произведён анализ чрезвычайных ситуаций на объекте и были выбраны меры по предотвращению пожара.

Заключение

В ходе выполнения ВКР выполнена автоматизация технологического процесса пароводяного котла.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был рассмотрен технологический процесс производства пара при помощи парового котла. Были представлены современные аппаратные и программные средства, характеризующиеся высокой надёжностью. Была спроектирована функциональная схема автоматизации, количество каналов передачи данных. Была разработана схема внешних подключений, позволяющая определить систему передачи сигналов от полевых приборов на пульт оператора, а также для успешного устранения неполадок при их возникновении.

Для управления технологическим объектом, сбором и обработки данных, был разработан алгоритм сбора и управления.

Приложенный технико-экономический анализ излагает то, что разработанная АСУТП парового котла позволит значительно снизить затраты на обслуживание и эксплуатацию.

В ходе выполнения ВКР были рассмотрены вопросы соблюдения прав персонала на труд, соблюдение требований техники безопасности и охраны труда, промышленной безопасности, охраны окружающей среды и ресурсосбережению. Были проработаны проектные решения, исключающие несчастные случаи на производстве, вопросы по снижению таких факторов на работников как: опасных и вредных, а также вопросы связанные со снижением количества вредных воздействий на окружающую среду.

Conclusion

During the final qualification work, the technological process of the steam-water boiler was automated.

During the final qualification work, the technological process of steam production using a steam boiler was considered. Modern hardware and software were presented, characterized by high reliability. A functional automation scheme was designed, the number of data transmission channels. An external connection scheme has been developed to determine the system for transmitting signals from field devices to the operator console, as well as to successfully troubleshoot problems when they occur.

To manage the technological object, data collection and processing, an algorithm for the collection and management was developed.

The attached feasibility study states that the developed automated steam boiler process control system will significantly reduce maintenance and operation costs.

In the course of implementation, the issues of observing the rights of personnel to work, compliance with safety and labor protection requirements, industrial safety, environmental protection and resource conservation were considered. Design solutions were worked out that excluded industrial accidents, questions to reduce such factors as hazardous and harmful for workers, as well as issues related to reducing the number of harmful environmental impacts.

Список используемых источников

1. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учеб. пособие / Е.И. Громаков, А.В. Лиепиныш. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2019. – 408 с.
2. Андреев Е.Б. Программные средства систем управления технологическими процессами в нефтяной и газовой промышленности: учеб. пособие / Е.Б. Андреев, В.Е. Попадько. – М.: Нефть и газ, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. – 268 с.
3. Конюх В.Л. Проектирование автоматизированных систем производства: учеб. пособие / В.Л. Конюх. – М.: Абрис, 2012. – 310 с.
4. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка: учеб. - практ. пособие / Ю.Н. Федоров. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 926 с.
5. Каталог продукции фирмы Siemens. Контроллеры. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-300.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 10.03.2020 г.
6. Каталог продукции промышленной группы «AUMA». Электроприводы для клапанов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.auma.com/index.php?id=230&L=9>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 20.04.2020 г.
7. Каталог продукции промышленной группы «Proma». Датчики и сигнализаторы горения [Электронный ресурс]. <https://www.promav.ru/production/fotodatchiki-i-signalizatory-goreniya/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 25.04.2020 г.
8. Каталог продукции промышленной группы «Метран». Датчики Давления [Электронный ресурс]. URL: <http://www.metran.ru/catalog/pressure.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 25.04.2020 г.

9. ДИ 001817-05-020 2017 Должностная инструкция по обслуживанию котлов БЭМ 25.
10. Трудовой кодекс Республики Узбекистан.
11. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя.
12. ИПБ 001817.05 - 001:2017 Инструкция пожарной безопасности в закрытых помещениях «Ангрен Шакар».
13. СанПиН № 0203-06 Санитарно - гигиенические нормы микроклимата производственных помещений.
14. СанПин №0120-01 Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах.
15. СанПиН РУз № 0269-09. Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей радиочастот.
16. КМК 2.01.05-98 Естественное и искусственное освещение.
17. СНИП 3.05.06-85 Электротехнические устройства.
18. Закон Республики Узбекистан 31.08.2000 N 123-II . О психиатрической помощи.
19. Приложение к Постановлению КМ РУз от 21.01.2014 г. N 14 Порядок разработки и согласования проектов экологических нормативов.
20. СанПиН №0326-16. Санитарные нормы общей и локальной вибрации на рабочих местах.
21. ГОСТ 12.0.003-74. Обеспечение электробезопасности.
22. Постановление от 12.03. 2004 г. Узгосэнергонадзора N 107. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.
23. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. М.: Стандартинформ, 2014.— 30с.
24. СО 153-34.20.120-03«Правила устройства электроустановок».
25. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность».

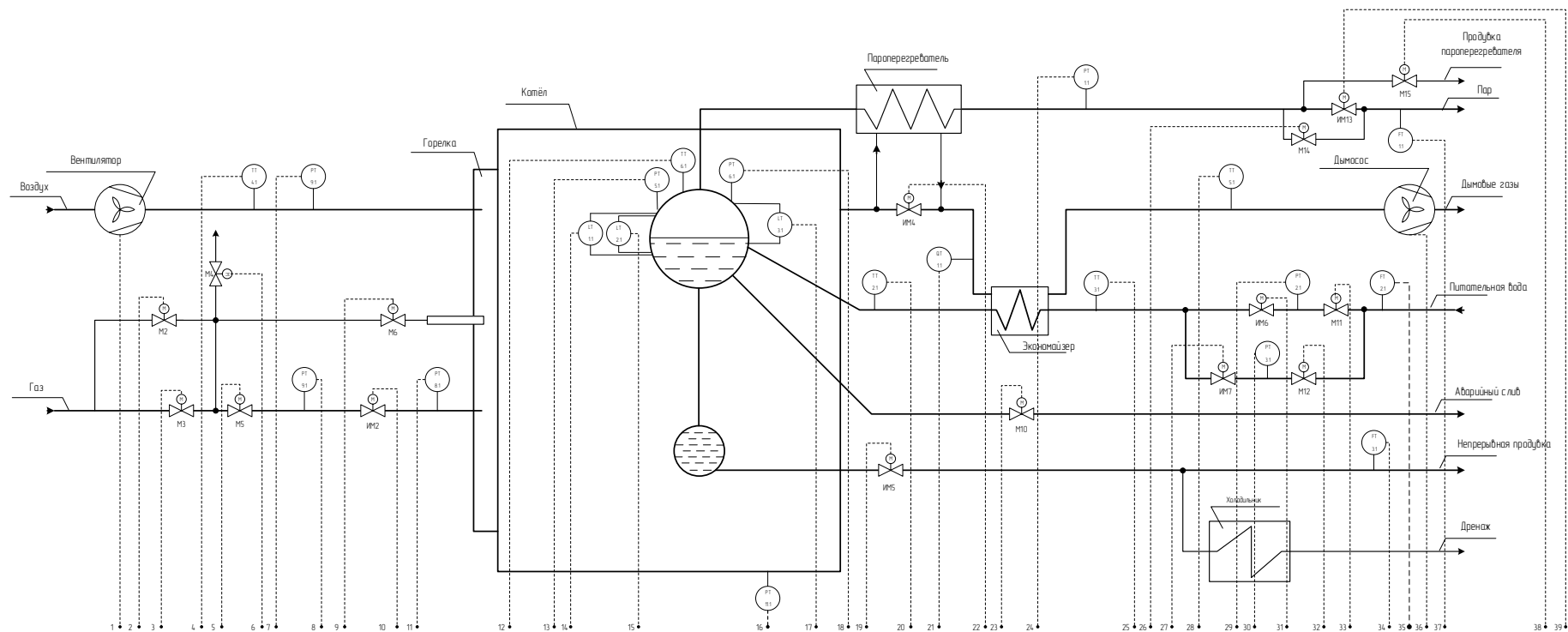
26. СН 3086-84 «Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

27. Методические указания к технико-экономическому обеспечению ВКР для студентов всех специальностей ГНФ и ЗГНФ / Томский политехнический университет; Сост. В. Е. Кленина. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – 20 с.

Приложение А

(обязательное)

Функциональная схема автоматизации

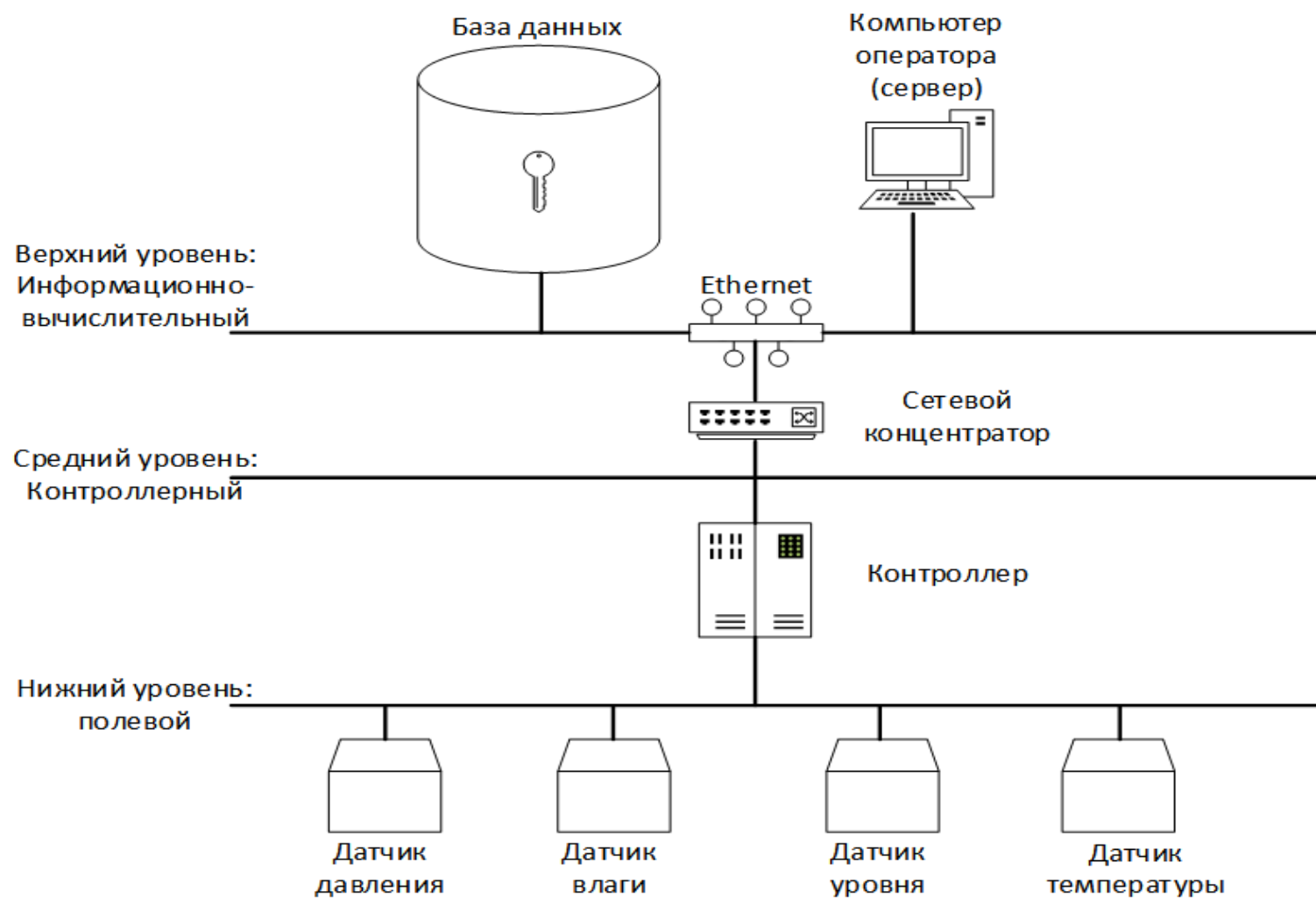


| Главный швар | | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | ПМ-57-35-270/CP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | AI | • | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Приложение Б

(обязательное)

Трёхуровневая структура автоматизированной системы



Приложение В1

(обязательное)

Схема внешних проводок

Приложение В2

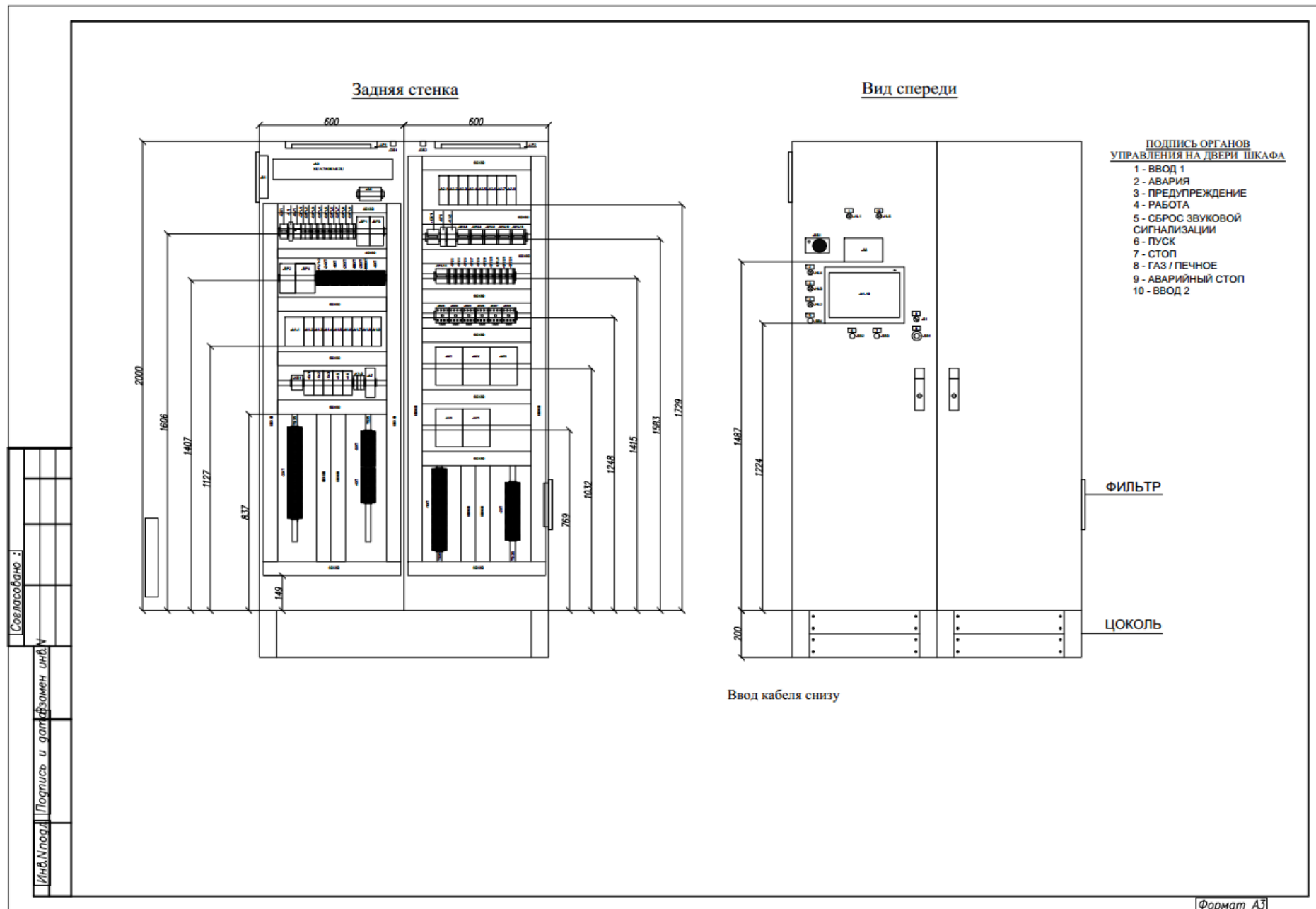
(обязательное)

Схема внешних проводок

Приложение Г

(обязательное)

Внешний вид шкафа управления



Приложение Д

(обязательное)

Алгоритм управления парового котла

